



**ANA FILIPA
LOPES JORGE**

**MAPEAMENTO DA CADEIA DE VALOR EM
CONTEXTO INDUSTRIAL DE MOLDES**



Universidade de Aveiro
2015

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia
Industrial

**ANA FILIPA
LOPES JORGE**

MAPEAMENTO DA CADEIA DE VALOR EM CONTEXTO INDUSTRIAL DE MOLDES

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Doutora Ana Maria Pinto de Moura, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo apoio ao longo da minha vida.

o júri

presidente

Prof^a. Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Cláudio Manuel Martins Alves
professor associado com agregação da Universidade do Minho

Prof^a. Doutora Ana Maria Pinto de Moura
professora associada da Universidade de Aveiro

agradecimentos

À minha família pelo apoio constante, pelos sacrifícios e boa educação;

Aos meus bons amigos pelos momentos e por todo o apoio;

À Universidade de Aveiro representada pelos seus professores e colegas, e em especial à minha orientadora, Doutora Ana Moura, pela disponibilidade, sugestões e críticas necessárias para a construção deste trabalho;

À Erofio, que me proporcionou todas as condições para que o estudo em causa alcançasse os objetivos pretendidos, e em particular a todas as pessoas envolvidas no departamento do planeamento pelo apoio e confiança. Um reconhecimento muito especial a todos os colaboradores com quem tive o prazer de trabalhar, que foram essenciais na concretização deste desafio.

A todos, o meu bem-haja.

palavras-chave

Lean, Kaizen, melhoria contínua, redução de desperdícios, *Value Stream Mapping*, método de estudo dos tempos.

resumo

A partir do século XVIII, com a transição dos métodos de produção artesanais para a produção por máquinas, a Revolução Industrial foi um mote para as organizações embarcarem num processo de permanente evolução. Na atualidade, a progressiva competitividade e exigência incumbe às organizações flexibilizarem-se em várias vertentes. É imperativo estarem preparadas internamente e, assim, responderem às necessidades dos seus clientes. Para tal, é essencial a aplicação de filosofias *Lean* e *Kaizen*, para obtenção de resultados como a melhoria contínua e a redução de desperdícios. Este trabalho incide na aplicação de metodologias que melhor se adequam, de acordo com as filosofias acima descritas.

O projeto foi desenvolvido na Erofio S.A. em particular no setor de engenharia e fabricação de moldes. Na referida área foram detetadas algumas oportunidades de melhorias, tanto ao nível de utilização dos meios, como nos prazos de execução. Foram feitas análises através do *Value Stream Mapping*, do método de estudo dos tempos por posto de trabalho e ainda, foram estudadas as causas de paragens de um molde, com recurso aos operadores.

Para otimizar a empresa em estudo, e depois dos levantamentos iniciais realizados, promoveu-se uma correta arrumação das ferramentas, acessórios e, também, gestão de espaço e equipamentos de acordo com os 5S. A iniciativa de investimento em utensílios de aperto rápido e sistema de paletização foi a que gerou resultados mais concretos: a diferença da utilização da mesa da própria máquina por sistema de paletes gerou uma poupança de 6% do tempo de *setup*. Se comparado com a utilização de palete com prensa, esse valor já é de 12 pontos percentuais de vantagem e de 22% aquando do uso de mesa magnética.

No seguimento do presente relatório serão apresentados os procedimentos para a aplicação dessas ferramentas, melhorias efetuadas e discussão dos resultados, exibindo o notório sucesso das ações implementadas.

keywords

Lean, Kaizen, continuous improvement, wastefulness reduction, *Value Stream Mapping*, time per work method.

abstract

Since the 18th century and the industrial revolution, with the transition from handcraft to automated methods, organizations embarked on a process of permanent evolution. Presently, ever-increasing competitiveness and efficiency demands urges organizations to be flexible at various fronts. It is also imperative that organizations are prepared internally for a proper response to their clients' needs. As such, it is essential that the philosophies *Lean* and *Kaizen* are adopted, for continuous improvement and wastefulness reduction. This work focuses on the application of appropriate methodologies, according to the referred philosophies.

This project was developed at Erofió SA, in particular in the engineering sector and mold fabrication. In this area, aspects to be improved were identified at the resource usage level and at the planning level. It was been done a *Value Stream Mapping* analysis, the time per work method by position was studied, as well as the causes of mold stopping using operators.

In order to optimize the company, and after the initial survey was done, an appropriate stowage of tools and accessories and also space and equipment management according to the 5S. The initiative to invest in tools of quick release and in the palletizing system was the most fruitful: the adoption of a pallet system in the machine table led to a saving of 6% of the *setup* time. If compared with a pallet system with press, the time saving increases to 12%; if compared with a magnetic table system, it is of 22%.

Following the present report, a procedure for the application of these tools and adopted improvements will be presented, as well as a discussion pointing out the clear success of the proposed methods.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO	1
1.2. RELEVÂNCIA DO DESAFIO	2
1.3. ESTRUTURA DO DOCUMENTO	2
2. ENQUADRAMENTO BIBLIOGRÁFICO	5
2.1. DO TPS AO PENSAMENTO <i>LEAN</i>	5
2.2. O <i>LEAN</i> NO PLANEAMENTO.....	6
2.3. MELHORIA CONTÍNUA	7
2.4. ESTRATÉGIAS DE FABRICO.....	8
2.5. SOLUÇÕES <i>LEAN</i>.....	10
2.5.1. OS 7 DESPERDÍCIOS	10
2.5.2. <i>VALUE STREAM MAPPING</i>	11
2.5.3. <i>JUST-IN-TIME</i>	13
2.5.4. 5S	14
2.5.5. <i>SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)</i>	14
2.5.6. DIAGRAMA DE AFINIDADES.....	16
2.6. <i>LAYOUT</i> – A OCUPAÇÃO DE ESPAÇO.....	17
2.7. ANÁLISE DE TEMPOS E MÉTODOS.....	18
3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	21
3.1. O GRUPO EROFIO.....	21
3.2. EROFIO S.A. – ENGENHARIA E FABRICAÇÃO DE MOLDES, S.A.	22
3.3. ANÁLISE DOS PROCESSOS DA EMPRESA.....	23
3.3.1. O PROCESSO DE UMA NOVA ENCOMENDA	23
3.3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....	23
3.3.3. O MOLDE PARA INJEÇÃO	27
3.4. O PROJETO.....	30
3.4.1. O DESAFIO/OBJETIVOS A ATINGIR.....	30
3.4.2. ÍNDICE <i>LEAN</i>	35

3.4.3	METODOLOGIA PROPOSTA.....	38
4.	RESULTADOS.....	39
4.1.	VALUE STREAM MAPPING	41
4.1.1.	LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL	41
4.1.2.	PROPOSTA DE MELHORIAS E IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES.....	48
4.2.	CAUSAS DE PARAGEM DE UM MOLDE	57
4.2.1.	LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL	57
4.2.2.	PROPOSTA DE MELHORIA E IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES	63
4.3.	ESTUDO DOS TEMPOS.....	66
4.3.1.	LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL	66
4.3.2.	PROPOSTA DE MELHORIA E IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES	68
5.	CONCLUSÃO	75
5.1.	REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO	75
5.2.	PROPOSTAS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	76

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ANEXO A- SIMBOLOGIA UTILIZADA NA CONSTRUÇÃO DO *VALUE STREAM MAPPING*

ANEXO B- QUESTÕES PROPOSTAS PARA AFERIR O ÍNDICE *LEAN* DA EROFIO

ANEXO C- *VALUE STREAM MAPPING* REFERENTE AO M1

ANEXO D- EXEMPLO DO OEE (FOLHA EXCEL DISPONÍVEL EM KITE (S.D.))

ANEXO E- *VALUE STREAM MAPPING* DAS BUCHAS REFERENTE AO M2

ANEXO F- *VALUE STREAM MAPPING* DAS CAVIDADES REFERENTE AO M2

ANEXO G- *VALUE STREAM MAPPING* DOS POSTIÇOS DE CAVIDADES REFERENTE
AO M2

ANEXO H- INSTRUÇÃO DE TRABALHO *MODULHARD'ANDREA*

ANEXO I- IDENTIFICAÇÕES NO *GEMBA*

ANEXO J- EXEMPLOS DAS IDENTIFICAÇÕES REALIZADAS

ANEXO K- IDENTIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS EXISTENTES NA EROFIO

ANEXO L- RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO 1

ANEXO M- QUESTIONÁRIO 2

ANEXO N- RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO 2

ANEXO O- ANÁLISE, POR MÁQUINA, DA SECÇÃO FRESAGEM

ANEXO P- ANÁLISE, POR MÁQUINA, DA SECÇÃO EROSÃO

Índice de Figuras

Figura 1. A melhoria contínua baseada no ciclo PDCA (adaptado de Pinto, 2013)	8
Figura 2. Os 7 tipos de desperdício (adaptado de Vargas, s. d.)	11
Figura 3. Análise SWOT do grupo Erofin (adaptado de Marques, 2007)	22
Figura 4. Processo produtivo de um molde (Adaptado de CEFAMOL, 1995)	23
Figura 5. Representação esquemática da estrutura de um molde: (A) Chapa de aperto do lado fixo (B) chapa das buchas; (C) bucha; (D) batente de fecho (E) guia (F) cavidade (G) chapa de reforço da cavidade (H) calço (I) chapa de aperto do lado móvel (J) chapa dos extratores (K) chapa de aperto dos extratores (L) extrator (M) peça (Fonte: Centimfe, 2003a)	28
Figura 6. Estrutura de um molde (adaptado Centimfe, 2003b)	29
Figura 7. Conjugação da cavidade e da bucha (adaptado Centimfe, 2003b)	29
Figura 8. Panorama da Erofin nos últimos dois anos	39
Figura 9. Linha cronológica do processo de negócio do molde em estudo neste projeto, M2 (parte 1)	45
Figura 10. Linha cronológica do processo de negócio do molde em estudo neste projeto, M2 (parte 2)	45
Figura 11. Armário presente na fresagem antes e após a implementação dos 5S	53
Figura 12. Gaveta presente na fresagem antes e após a implementação dos 5S	54
Figura 13. Marcação do espaço na secção de laser	55
Figura 14. Vista de ferramentaria, antes da aplicação 5S	56
Figura 15. Vista de ferramentaria, depois da aplicação 5S	56
Figura 16. Diagrama KJ das respostas na secção da fresagem	59
Figura 17. Causas de paragem referente à fresagem (%)	60
Figura 18. Frequência das causas de paragens - Fresagem	61
Figura 19. Arrumação e identificação das brocas de refrigeração interna	64
Figura 20. Exemplo de rastreamento de ferramentas contidas num armário	64
Figura 21. Torno na secção fresagem CNC	65
Figura 22. Tempos totais na fresagem CNC antes das implementações propostas	67
Figura 23. Análise aos tempos de espera observados na fresagem CNC	67
Figura 24. Resultado dos tempos totais com a mesa normal	69
Figura 25. Resultado dos tempos totais com a mesa com prensa	69
Figura 26. Resultado dos tempos totais com a mesa magnética	70
Figura 27. Mesa normal, mesa com prensa e mesa magnética (ordenado de cima à esquerda, direita e baixo, respetivamente)	71
Figura 28. Mesa com os parafusos e barras de fixação	72
Figura 29. Resultado dos tempos totais inicialmente	72
Figura 30. Resultado dos tempos totais após implementação do proposto	73
Figura 31. Vista da mesa da máquina já com as implementações feitas	74

Índice de Tabelas

Tabela 1. Tempos previstos e reais para as cavidades e buchas, respetivamente	34
Tabela 2. Tempos previstos e reais para os postiços de cavidade	35
Tabela 3. Número e percentagem de princípios e práticas <i>Lean</i> implementadas na Eroflo	36
Tabela 4. Nível de implementação dos princípios e práticas <i>Lean</i> na Eroflo	36
Tabela 5. Índice <i>Lean</i> de cada uma das áreas estudadas, obtido com a equação 1.....	37
Tabela 6. Cronograma da metodologia proposta.....	38
Tabela 7. Calendário das buchas, cavidades e postiços de cavidades	40
Tabela 8. Análise parcelar das operações constituintes das buchas e tempos associados	46
Tabela 9. Análise parcelar das operações constituintes das cavidades e tempos associados	47
Tabela 10. Análise parcelar das operações constituintes dos postiços de cavidade e tempos associados.....	48
Tabela 11. Duração do tempo de trabalho referente aos três desenhos.....	48
Tabela 12. Inventário dos meios de transporte existentes	54
Tabela 13. Distribuição do número de operadores por secção	58
Tabela 14. Número de questionários recolhidos por secção	61
Tabela 15. Valores obtidos na secção fresagem na análise dos tempos.....	62
Tabela 16. Rocas existentes na fresagem CNC	65

LISTA DE ACRÓNIMOS

AV/EV	Análise de Valor e Engenharia de Valor
CAE	Classificação das Atividades Económicas
CEFAMOL	Associação Nacional da Indústria de moldes
Centimfe	Centro tecnológico da indústria de moldes, Ferramentas especiais e Plásticos
CNC	Comando Numérico Computorizado
F.H.D.	Fora Horário Disponível
Gemba	Palavra japonesa que significa "chão de fábrica"
JIT	<i>Just In Time</i>
LT	<i>Lead time</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MP	Matéria-Prima
Muda	Atividades que não acrescentam valor; desperdício
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
O.S.C.	Operário Sem Custo
PDCA	Ciclo que apoia a melhoria contínua (<i>Plan, Do, Check, Act</i>)
PME	Micro, Pequenas e Médias Empresas
SAVE	<i>Society of American Value Engineers</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
Stock	Quantidade de mercadoria em armazém; existências
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TT	<i>Takt Time</i>
T.V.A.	Tempo de Valor Acrescentado
T.S.	Tempo de <i>Setup</i>
T.E.	Tempo de Espera
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Process</i> (produtos em vias de fabrico)
5S	<i>Seiton, Seiri, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

As organizações são atual e crescentemente confrontadas com exigências e necessidades por parte do mercado, ao que se junta a volatilidade da procura e o desejo de personalização pelos clientes. A permanente evolução das carências e imposições do mercado faz com que as organizações revejam continuamente as suas estratégias (Pinto, 2013).

Desenvolvendo um pouco mais a temática estratégia, Chase et al. (2006) afirmam que as organizações de referência mundial reconhecem que a sua capacidade em competir num mercado cada vez mais global e imprevisível depende essencialmente do desenvolvimento de uma estratégia de operações que esteja alinhada com a missão de servir o cliente. Deste modo, as organizações, independentemente do tipo que figuram, necessitam de ser competitivas na promoção dos produtos e/ou serviços que as caracterizam. Portanto, esta condição (ou ausência dela) determina a capacidade das instituições prosperarem, manterem-se ou desaparecerem.

Em grande parte dos casos, para que as atuais organizações possam ser bem-sucedidas, estas necessitam de empregar uma estratégia focada em produzir de forma mais eficiente e eficaz através do desenvolvimento das suas características intrínsecas, alicerçadas num sistema de produção *Lean* e metodologias *Kaizen*, condições que permitam adquirir diferencial competitivo (Pinto, 2009).

Com o progresso da indústria e o aumento da competitividade no setor dos moldes, algumas organizações sentem necessidade de aperfeiçoar os métodos de trabalho para acompanhar esse crescimento, com vista a, pelo menos, manter os resultados e não perder os seus clientes. Não sendo exceção, a Erofi sente-se, igualmente, na imposição de reduzir, ou preferencialmente eliminar, algumas dificuldades que tem. Para tal, é fundamental identificar os gargalos ou estrangulamentos e liquidá-los, com o objetivo que a empresa em estudo funcione em pleno e, consequentemente, não perca o rumo ao crescimento industrial.

Este projeto insere-se no plano de estudos do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial pela Universidade de Aveiro e tem como promotora a Erofio S.A., nomeadamente no setor de engenharia e fabricação de moldes, uma PME de excelência situada na Batalha, Leiria.

1.2. RELEVÂNCIA DO DESAFIO

O desenvolvimento e fabrico de moldes automáticos para injeção tem registado um crescimento ao longo dos últimos anos, essencialmente no mercado de exportação, que apresenta, cada vez mais, escolhas diferenciadoras e exigentes.

O presente trabalho, para além do contexto teórico baseado num enquadramento bibliográfico de metodologias e técnicas já existentes, aborda um caso de estudo, fruto de um estágio curricular de sete meses e meio na Erofio – engenharia e fabricação de moldes, S.A.. Deste modo, este projeto surge em prol da otimização do funcionamento da empresa acima citada. Com a investigação pretende-se recolher o diagnóstico de falhas, bem como promover as melhores propostas de oportunidades de mudança, a fim de chegar ao término deste desafio com o maior sucesso e aumento da rentabilização dos recursos da empresa.

Para tal, o pretendido com a análise foi a determinação das tarefas realizadas em cada posto de trabalho, a sua caracterização quanto ao facto de acrescentarem, ou não, valor ao produto e seguidamente eliminar aquelas que fossem consideradas desperdício. O objetivo principal não se prendeu com a realização de ações de melhoria que otimizassem os processos produtivos em si, mas sim a deteção de situações em que fosse possível implementar o sistema de produção *Lean*, que permitirá atuar sobre os desperdícios e, juntamente com a metodologia *Kaizen*, garantir maiores ganhos internos para o setor, o que naturalmente criará valor e um desempenho mais eficiente da empresa no seu cômputo geral.

A execução deste projeto é também de interesse para a empresa, já que a sua consolidação permitirá não só melhorar a eficiência a nível operacional como garantir poupanças quer económicas quer temporais através de *lead times* mais reduzidos.

1.3. ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O desencadeamento deste trabalho iniciou-se com o enquadramento bibliográfico e de seguida a definição do problema, ou seja, o porquê da necessidade deste estudo na Erofio. Foi feito um investimento no sentido de aprofundar o conhecimento sobre a empresa, especialmente no que concerne ao processo de fabrico de um molde.

O presente documento está organizado em cinco capítulos, encontrando-se estes subdivididos em diversos pontos com a finalidade de elucidar o melhor possível todo trabalho desenvolvido ao longo do estágio:

O capítulo dois apresenta uma revisão bibliográfica da temática que sustentou este projeto. Encontra-se dividido em sete tópicos. Estes tópicos exploram em diferentes perspectivas o conceito *Lean*, a partir da sua relação com o modelo *Toyota Production System*, até ao planeamento. Também é dada atenção às soluções que esta técnica oferece, como os sete desperdícios, o *Value Stream Mapping* e o diagrama de afinidades. A melhoria contínua, os tipos de produção, o *layout* e por último, mas não menos importante, a análise de tempos e métodos são também temas que merecem um particular destaque neste trabalho.

No terceiro capítulo está presente uma breve descrição do grupo Erofio, em que é dado maior ênfase à Erofio - engenharia e fabricação de moldes, S.A., uma vez que foi neste setor que o presente documento foi elaborado. A análise dos processos existentes, nomeadamente como se desencadeia uma nova encomenda e o processo de produção são abordados detalhadamente. É também feita uma alusão à estrutura do molde para injeção, para melhor compreensão deste documento ao longo da sua leitura. Termina-se este capítulo com a declaração do desafio e dos objetivos a atingir, assim como a determinação do índice *Lean* da Erofio.

Já no capítulo número quatro os resultados expostos são relativos ao *Value Stream Mapping*, às causas de paragem de um molde e ao estudo dos tempos. Estes três temas têm em comum uma sequência lógica: iniciam-se com uma abordagem do levantamento da situação inicial e terminam com as propostas de melhoria e implementação de ações.

Por último, no quinto capítulo encontram-se as conclusões do trabalho realizado e apresentação de sugestões para trabalhos futuros.

2. ENQUADRAMENTO BIBLIOGRÁFICO

2.1. DO TPS AO PENSAMENTO *LEAN*

Conforme Pinto (2013) redigiu, nos anos 1960s e 70s a *Toyota Motor Corporation* (TMC) gerou um sistema de gestão simultaneamente flexível e rápido para responder ao mercado. A ideologia de produção desenvolvida pela *Toyota* no seio da produção automóvel no Japão é, de entre os modelos conhecidos, um dos mais eficientes na eliminação de desperdícios e na flexibilização da produção (Matias e Azevedo, 2014). Este sistema, concebido por Taiichi Ohno, hoje mundialmente conhecido como TPS, em português Sistema de Produção *Toyota*, é um método de produção que ambiciona a “eliminação de desperdícios e satisfazer as necessidades dos clientes, de modo que utiliza as capacidades dos colaboradores e envolve-os para que tal aconteça” (Sugimori et al., 1977). Além disto, está na origem de conceitos como o *just-in-time* e o *Lean thinking*, que serão abordados ao longo deste projeto.

Pelo exposto, as organizações estão confrontadas com a necessidade de se flexibilizarem de forma a responder a uma produção cada vez mais fragmentada, onde a concorrência é elevada, procurando rentabilizar o mais possível a sua atividade preocupando-se com a redução dos desperdícios. O mercado global obrigou as empresas a produzir com maior qualidade diversificando a sua oferta, o que originou lotes de produção mais pequenos, no limite unitários, com prazos de entrega cada vez mais curtos (Matias e Azevedo, 2014). Sugimori et al. (1977) ainda reforçam a noção do TPS salientando que foi desenvolvido tendo por base as principais características dos trabalhadores japoneses e, principalmente, como estes enfrentam o trabalho: de uma forma focada e com espírito de equipa.

Na opinião de um autor sobre o pensamento *Lean*, Pinto (2013), afirma que esta prática não é um meio para implementar transformações radicais nas organizações, é acima de tudo uma mudança de atitude e de cultura empresarial. *Lean* não é um processo de solução de problemas, é antes um sistema bastante autocrático de reengenharia, com o propósito de mudar os processos de trabalho, de equipamentos e, potencialmente, as pessoas. Womack et al. (1990) evidenciaram o termo pensamento *Lean* para se referirem à evolução do TPS e à apreciação de novos conceitos desenvolvidos durante a década de 90. Estes autores ainda definem produção *Lean* como sendo um sistema de produção totalmente inovador, que alia as vantagens do sistema de produção em massa com as vantagens do

sistema de produção artesanal, contornando a pouca flexibilidade do primeiro e os elevados custos do segundo.

2.2. O *LEAN* NO PLANEAMENTO

O planeamento é retratado por Pinto (2013) como o pensamento que antecede a ação, ou por outras palavras, é a atividade que consiste em estabelecer metas e fixar objetivos organizacionais, bem como preparar os planos específicos de ações e prazos de cumprimento. No fundo, e ainda acompanhando a opinião do autor, planejar é fixar o futuro e trabalhar diariamente para atingir esse futuro de forma eficiente e eficaz. Desta forma, a empresa está a antecipar ações, a determinar as necessidades de materiais, de recursos humanos e outros aspetos igualmente importantes.

Para definir os planos para um trabalho, este é estudado por um responsável que determina a sequência de operações necessárias para converter uma forma padrão disponível para o produto final desejado. Quaisquer operações e instruções relevantes são especificadas para descrever quais as atividades a fazer a fim de instruir os trabalhadores sobre o trabalho que está a ser feito (Dilworth, 1999).

É interessante caracterizar os três tipos de planeamento existentes: a longo, médio e a curto prazo. A primeira tipologia faz o tratamento da informação resultante da procura (consumo do mercado e clientes), prepara a informação para o planeamento de operações, compras, departamento financeiro e comercial e, ainda, faz a gestão de pedidos e previsões. No planeamento a médio prazo, verifica-se uma maior dinâmica devido à proximidade da data de entrega e o volume de informação envolvida. Neste caso, é atribuída especial atenção ao planeamento dos materiais. Por último, mas nunca menos importante, o planeamento a curto prazo é o mais dinâmico e instável. A presença de fatores instáveis é tão grande que a validade de um planeamento é, em muitas situações, inferior ao seu horizonte de planeamento. A principal atividade a ser executada nesta etapa é o controlo de operações, que é bastante complexa e exigente. A influência de variáveis internas e externas (tais como avarias, atrasos e falhas, absentismos e problemas de qualidade) é tão elevado que o responsável de operações é constantemente chamado a reprogramar as operações para responder às mudanças ou alterações. Tudo isto, não descurando o prazo de entrega das encomendas, a qualidade e os interesses da organização (Pinto, 2013).

Uma dificuldade apresentada por Dilworth (1999) revela de forma clara uma realidade permanente e centra-se no trabalho que muitas vezes tem várias ordens de alteração de engenharia (ECOS) durante a fabricação. Ou seja, o desenho é alterado antes que o produto esteja concluído. Esta condição faz com que seja difícil planejar a quantidade de trabalho a ser feito numa determinada semana ou agendar uma data de conclusão para alguns trabalhos.

2.3. MELHORIA CONTÍNUA

Na perspetiva de Pinto (2013), *Kaizen*, que em português significa boa mudança, sugere uma forma eficaz para melhorar o desempenho e a qualidade das organizações, independentemente do tipo que figuram. A melhoria contínua, além de atestar a qualidade dos produtos e serviços, implementa, permanentemente, a cultura de melhoria. Analisando mais concretamente a verdadeira função deste conceito, é um estimulante que desencadeia uma atitude proactiva a fim de resolver os demais desafios que surgem constantemente. Para tal, é fundamental que todos os envolvidos possuam três fatores determinantes: **conhecimento**, em que se deve perceber as motivações e métodos de como implementar a melhoria; **vontade**, uma vez que esta metodologia deve ser espontânea e motivada por parte de cada recurso e, por último, mas não menos importante, ter o **Know-how**, isto é, saber como fazer e ter as capacidades para que os resultados sucedam.

É importante reforçar que a melhoria contínua é, como o próprio nome indica, uma ação (ou várias) a ser executada ao longo do tempo, assentando numa evolução gradual. Neste sentido, cada passo dado é apoiado no ciclo PDCA, que é repetido continuamente até que a perfeição seja alcançada (Pinto, 2013). Este instrumento é constituído por diversas atividades para obter uma determinada melhoria, assente no propósito de tornar os processos mais claros e ágeis (Imai, 1997). Resumidamente, as quatro etapas a percorrer para atingir este tipo de processos são (Dennis, 2008):

Plan (Planear): analisar o que necessita ser melhorado, estabelecendo objetivos e metodologias necessárias para os atingir;

Do (Fazer): implementar as mudanças que tenham sido definidas na etapa anterior;

Check (Verificar): controlar e medir periodicamente os processos e os resultados, confrontando-os com o planeado e realizar relatórios;

Act (Atuar): atuar de acordo com o avaliado e, também, de acordo com os relatórios. Além disto, é essencial criar novos planos de ação para corrigir eventuais falhas e voltar a executar o ciclo PDCA, sempre numa ótica de melhoria contínua.

Torna-se pertinente salientar a diferença existente entre *Lean* e *Kaizen*, devido à confusão que se gera entre estes dois termos. *Lean*, segundo Coimbra (2009) é o resultado sob a forma de maior produtividade, qualidade e motivação dos funcionários e menor *stock*. Por outro lado, *Kaizen* envolve pessoas, definição de metas e o *gemba*, objetivando a implementação de novas ideias. Em suma, *Kaizen* é o processo e *Lean* é o resultado.

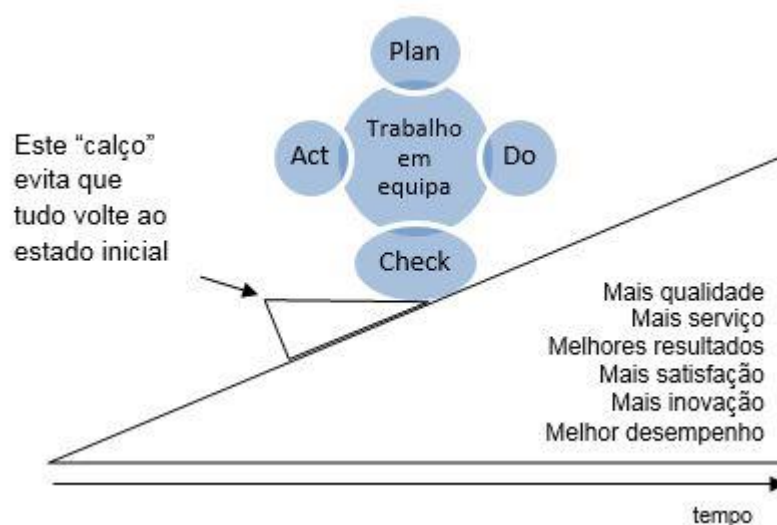


Figura 1. A melhoria contínua baseada no ciclo PDCA (adaptado de Pinto, 2013)

2.4. ESTRATÉGIAS DE FABRICO

As empresas produtivas são caracterizadas por uma variedade de termos que descrevem algo sobre o seu *modus operandi*. As instalações, equipamentos e o sistema de produção que uma empresa detém dependem do tipo de produto que oferece e também da estratégia com que aborda os clientes.

A flexibilidade que uma fábrica tem de produzir uma variedade de produtos é uma característica frequentemente utilizada para diferenciar os tipos de indústria. As fábricas ou áreas de produção abrangem uma vasta gama em relação a esta característica: num extremo, há a produção de produtos personalizados, baixo volume ou em unidades individuais e provavelmente nunca vai ser repetida a produção de um deles mais tarde. No

outro extremo, o tipo de produção faz apenas um produto padrão num volume muito elevado (Dilworth, 1999).

Matias e Azevedo (2014) argumentam que a diversificação da produção, a par dos diferentes processos associados, é de tal forma numerosa que tem dificultado a sua classificação. Contudo, de entre todas as classificações, há algumas que têm prevalecido quanto:

- Ao tipo de produção;
- Às características do produto;
- Ao ambiente de produção;
- Às características do fluxo produtivo.

Das classificações expostas, e no âmbito do desenvolvimento deste projeto, interessa explorar a última, classificação quanto às características do fluxo produtivo.

Através da obra *Estudos de Caso em Engenharia e Gestão Industrial*, é possível depreender que os fluxos de produção dos componentes podem ser rotulados nas seguintes categorias e detalhados seguidamente:

- i) Intermitente, ou *Job Shop*;
- ii) Por lotes, ou *batch*;
- iii) Em linha, que se subdivide em dois: produção em massa e produção contínua (*Flow Shop* e *Process Shop*, respetivamente).

A produção de pequenos lotes de uma grande variedade de produtos, em particular quando estes têm uma sequência de processos diferentes, é apelidada de intermitente. Não obstante, este tipo de produção confere, com frequência, elevadas taxas de ineficiência no fluxo de materiais, dificultando o controlo dos mesmos em circulação, existências, sequenciamento de operações e o controlo de qualidade.

Dilworth (1999) complementa esta caracterização afirmando que a fabricação em *Job Shop* tem o seu início através de contratos de negócios para fazer a encomenda de produtos personalizados de acordo com desenhos fornecidos pelo cliente e, portanto, as empresas nesse regime projetam e constroem itens com base em requisitos especificados pelo cliente. Tipicamente, o volume de cada produto é baixo, de modo que as referidas

empresas devem contrair uma carteira de grande variedade de produtos, a fim de alcançar um nível suficiente de vendas, possuir equipamentos de produção de propósito geral (para realizar uma ampla gama de operações) e, também, que os funcionários possuam um vasto rol de habilidades.

O processo por lotes, ou *Batch Shop*, difere essencialmente do processo anterior pela forma como se processa a sequência de operações, que neste caso é a mesma para todos os produtos (Matias e Azevedo, 2014) e pelo fabrico de produtos em maiores quantidades (lotes) e em menor variedade (Pinto, 2013).

Matias e Azevedo (2014) caracterizam o processo em linha, *Assembly Line*, que se distingue da produção por lote pela maior dimensão do produto final. Neste caso, há a possibilidade de dividir a caracterização em **linha de produção em massa**, muitas vezes também conhecida por linha de montagem, que Pinto (2013) define como sendo o “fabrico de grandes volumes de produtos e em reduzida variedade” e **linha de fluxo contínuo**, em que segue uma sequência de passos determinada, contudo de forma contínua e discreta. Através da analogia de Pinto (2013), este tipo de fabrico partilha muitas características da produção em série.

2.5. SOLUÇÕES LEAN

2.5.1. OS 7 DESPERDÍCIOS

De acordo com Pinto (2013), o desperdício refere-se a todas as atividades que realizamos e que não acrescentam valor. A estas atividades os japoneses chamam de *muda*, porque consomem recursos e tempo e, em última análise, fazem com que os produtos ou serviços que disponibilizamos no mercado sejam mais dispendiosos do que deviam. A vantagem competitiva mede-se pelo valor que as organizações criam e por aquilo que pedem em troca. Quanto mais favorável for esta relação para o cliente, maiores as hipóteses de vencer no mercado.

É através da obra *Pensamento Lean: a filosofia das organizações vencedoras* que Pinto (2009) completa uma relevante distinção entre o puro e o necessário desperdício. No primeiro caso, expõe as atividades prescindíveis, como é o caso de deslocações, paragens e avarias. Já o desperdício necessário aborda as atividades imprescindíveis, apesar deste tipo de *muda* não acrescentar valor.

Vargas (s. d.), através do trabalho desenvolvido por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, sintetiza as sete categorias de desperdício detetadas no desenvolvimento do sistema de produção da *Toyota* e que ainda hoje presidem:



Figura 2. Os 7 tipos de desperdício (adaptado de Vargas, s. d.)

2.5.2. VALUE STREAM MAPPING

As organizações com processos de produção complexos, como o caso *Job Shop*, revelam ter um grau de dificuldade acrescido na implementação do *Lean Manufacturing* (LM), uma vez que a existência de muitos produtos e complexos fluxos entre eles tornam estas implementações de difícil tangibilidade (Nash e Poling, 2011).

Uma das dificuldades constatadas pelos autores Matias e Azevedo (2014) prende-se com o facto de não se saber onde aplicar uma política de melhoria contínua e as demais ferramentas do LM, até porque dado os diferentes fluxos, processos e produtos torna-se evidente e necessário que haja inicialmente foco numa destas partes. Neste contexto, o objetivo principal deste projeto insere-se, numa forma exploratória, analisar a aplicação da filosofia *Lean* num sistema de produção intermitente. Nash e Poling (2011) asseguram que após a identificação do desperdício, é mais fácil a sua redução ou total eliminação.

O VSM é um processo de observação direta dos fluxos de informação e de materiais, resumindo-os visualmente. Basu (2011) completa que o VSM é uma ilustração visual de

todas as atividades, desde a matéria-prima até à chegada ao consumidor. Esta metodologia foi apresentada como uma técnica inovadora para ajudar a representar figurativamente os fluxos da organização em estudo. O VSM, não se limita unicamente a detetar as lacunas do processo, como também perspetiva oportunidades de melhoria (Matias e Azevedo, 2014).

O mapeamento da cadeia de valor encontra-se dividido em três níveis. No topo do mapa, está presente o fluxo de informação; no centro do mapa, encontra-se o fluxo de materiais; na parte de baixo do mapa, estão as distâncias percorridas e a linha temporal (Nash e Poling, 2011). A simbologia utilizada na construção de um VSM encontra-se no anexo A.

Para que o VSM possa ser entendido, implementado e gerido, é necessário primeiramente identificar alguns dos principais conceitos base que vão ser usados ao longo deste projeto. Conceitos esses como o tempo de *setup*, número de operadores por processo, tempo de ciclo (tempo necessário para execução de uma tarefa) e tempo de valor acrescentado (tempo de trabalho que realmente transforma o produto na maneira que o cliente está disposto a pagar). Pinto (2013) ainda acrescenta a utilidade de obter o *lead time* (tempo total de execução) que é o tempo que decorre antes do início de uma atividade até à sua conclusão e o tempo de espera (*waiting time*), isto é, duração que corresponde às atividades que não acrescentam valor, apenas tempo e custo. A componente do tempo de espera é por norma muito superior à componente que acrescenta valor. Exemplos de tempos de espera são os transportes, avarias, acidentes, *setups* de equipamentos, entre outros.

O autor também dá relevo aos vários tipos de *stock* que é possível encontrar:

-**stock de matéria-prima** (MP) composto por materiais, componentes e acessórios. A MP é um exemplo típico de procura dependente;

-**stock intermédios** (WIP), também designados por “trabalho em processo”, composto por todos os materiais, componentes, acessórios e submontagens existentes nos processos de trabalho. O WIP é resultado de vários fatores como, por exemplo, distâncias entre postos de trabalho, *setups* de equipamentos, problemas de qualidade e manutenção, mau planeamento, entre outros;

-**stock de produto acabado** composto pelos produtos finais, prontos para serem expedidos para o armazém ou, de preferência, para o cliente.

Os autores Matias e Azevedo (2014) concluem que após esta análise, é pertinente remover todas as fontes de desperdício encontradas, tendo em conta os valores da filosofia *Lean*, interligando todos os processos até ao cliente, sendo o foco produzir apenas o que é necessário na altura necessária, eliminando todas as atividades intermédias que não acrescentam valor ao produto, do ponto de vista do cliente.

2.5.3. **JUST-IN-TIME**

Um conceito deveras utilizado na fabricação é o *just-in-time*, pois neste ambiente uma das características mais notável está na transação de baixos *stocks* intermédios e muitas vezes com pouco *stock* de produtos acabados (Dilworth, 1999). Para completar esta ideia, Stevenson e Hojati (2005) referem que um sistema onde impera o JIT, as operações são altamente coordenadas, onde os materiais são movimentados e as atividades são realizadas num tempo preciso.

Ainda explorando o livro *Operations Management: Providing value in goods and services* é perceptível que para atingir qualidade e coordenação, as empresas devem ter a participação e cooperação de todos os colaboradores. O âmbito primordial do JIT é admitir ao processo interno de uma empresa adaptar-se às mudanças repentinas no padrão de exigência pela produção do produto certo na hora certa e na quantidade certa (Diaz e Ardalan, 2009). Portanto, a fabricação em JIT é uma filosofia de melhoria contínua que inclui três componentes de suporte:

1. Envolvimento das pessoas;
2. TQC (controlo de qualidade total);
3. Fluxo JIT: produção concretizada antes de ser necessária para manter os inventários baixos.

No presente trabalho vai ser detalhado o terceiro ponto, uma vez que o foco principal é o planeamento e controlo da produção. É fundamental não esquecer que as três categorias acima descritas se interrelacionam e são de apoio mútuo.

Dilworth (1999) esclarece que o conceito JIT e muitos dos seus elementos podem ser aplicados em ambientes *Job Shop* e empresas de fabricação de produtos intermediários. Certamente que todas as empresas, também em regimes intermitentes, podem beneficiar de uma ênfase na qualidade, participação e trabalho em equipa, não descurando os programas (eficazes) de manutenção e qualidade preventivas. Mesmo as empresas de

serviços podem aplicar muitos desses conceitos. Esta mentalidade de mudança (utilização de lotes pequenos) culmina em importantes reduções de tempo.

2.5.4. **5S**

O conceito 5S é proveniente de 5 palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seison*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, cujos significados são, respetivamente, eliminar, organizar, limpar, normalizar e autodisciplinar (Monden, 1983). Ainda o mesmo autor ressalva que esta prática pode ser empregue em ambientes distintos dos industriais, tais como casas, associações e outros locais de trabalho e caso seja bem implementada, a metodologia apresenta um potencial que vai muito além da organização do local de trabalho.

O conceito subjacente a esta temática é olhar para os desperdícios (que poderiam ser, por exemplo, defeitos, matéria-prima em excesso, itens desnecessários, ferramentas estragadas e equipamentos obsoletos) e tentar eliminá-los (Diaz e Ardalan, 2009).

Qualquer projeto de melhoria deverá começar pela análise da situação inicial da organização. Hirano (1996) defende que a metodologia 5S é também uma ferramenta que ajuda a tornar os problemas visíveis e que funciona como um processo de controlo visual de um sistema *Lean* bem planeado. Como é do conhecimento geral, é bastante crítico trabalhar num ambiente desorganizado, uma vez que não se consegue ser produtivo e, como consequência, aumenta-se a probabilidade de cometer erros que põem em causa a qualidade e segurança do trabalho.

Resumidamente, a essência desta filosofia é começar com a eliminação do que não é necessário no *gemba* (*seiri*) e arrumação de todos os itens necessários de forma organizada (*seiton*). Em seguida, um ambiente limpo deve ser mantido para que as não conformidades possam ser prontamente identificadas (*seiso*), e finalmente, as três etapas citadas acima devem ser normalizadas (*Seiketsu*) e mantidas numa base temporal contínua (*shitsuke*). Os operadores, ao seguirem estas regras estabelecidas, adquirem a disciplina necessária para fazer dos 5S uma rotina de trabalho (Imai, 1996).

2.5.5. **SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)**

Historicamente, a troca rápida de ferramentas, técnica introduzida numa fábrica japonesa *Toyota* (que mais tarde foi adotada por todas as fábricas da marca tornando-se um dos principais elementos do TPS) a partir de 1969, passou a ser denominada por *Single Minute*

Exchange of Die, que traduzido remete para troca de ferramentas num minuto. Esta técnica objetiva a redução dos tempos de *setup* (Shingo, 1996).

Este perito, numa outra obra, enumera dois benefícios da utilização desta técnica (Shingo, 1989): ao reduzir os tempos de *setup*, as taxas de operações da máquina aumentarão e, também, a produção em pequenos lotes reduz significativamente o *stock* de produtos acabados e entre processos intermediários.

Através da literatura de Shigeo Shingo, nomeadamente no volume *Quick Changeover for Operators: The SMED System*, e vivenciando a realidade da indústria do presente projeto, é possível caracterizar as funções da troca rápida de ferramentas, que se dividem em quatro tipologias de tempos de *setup*:

- Preparação da matéria-prima, dispositivos de montagem, acessórios, ..., (30%);
- Fixação e remoção de matrizes e ferramentas (5%);
- Centragem e determinação das dimensões das ferramentas (15%);
- Processamentos iniciais e ajustes (50%).

Por último, a melhoria do *setup* é um processo progressivo, composto por quatro etapas (Shingo, 1996):

1. Neste ponto inicial não se distingue os *setups* internos dos externos, onde as ações que poderiam ser realizadas como *setup* externo (como a procura de ferramentas ou realizar manutenções) são, em vez disso, executadas enquanto a máquina está parada, aumentando desnecessariamente o tempo de preparação.

2. Pode considerar-se o estágio mais importante na implementação desta técnica, pois provoca o isolamento das operações de *setup* interno e externo, através de uma verificação que inclua todas as peças, condições de operação e medidas que tenham de ser tomadas enquanto a máquina estiver em operação.

3. Nesta fase, analisa-se a operação de *setup* atual para deliberar se atividades consideradas como *setup* interno podem ser convertidas em *setup* externo (como por exemplo preparar a peça seguinte, nomeadamente na recolha de todas as ferramentas e acessórios para a maquinação), ao mesmo tempo em que a máquina está a operar outra peça.

4. Examinar as operações de *setup* interno e externo para observar eventuais oportunidades adicionais de melhoria, levando em consideração a eliminação de ajustes e a linearização dos métodos de fixação.

Das melhorias obtidas com a troca rápida de ferramentas ao longo dos anos, as mais relevantes e abordadas por Shingo (1996) são a separação bem definida dos *setups* interno e externo; conversão total de *setup* interno em externo; eliminação de ajustes e, finalmente, fixação sem parafusos.

2.5.6. DIAGRAMA DE AFINIDADES

O diagrama de afinidades, alternativamente conhecido por método KJ (Kawakita Jiro), ou método LP (*Language Processing*), é uma das sete novas ferramentas da qualidade, igualmente designadas de ferramentas de gestão ou de planeamento.

A razão que levou a desenvolver esta técnica prende-se com a necessidade de resumir, perceber, estruturar e organizar os dados ou observações que se recolhem no terreno ao tentar estudar o comportamento de várias populações (Método KJ, 1999). Uma vez que nenhuma metodologia era capaz de ajudar em tal tarefa, Jiro Kawakita concebeu então uma primeira versão do método KJ. Ao desenvolvê-lo, tentou-se, portanto, colmatar uma lacuna de metodologias que permitissem trabalhar e estudar informação de índole qualitativa, baseada em frases. Metaforicamente, esta técnica conduz ao cálculo sucessivo de "médias" de conjuntos de frases, por forma a resumir e compreender o seu significado (Método KJ, 1999).

Por se tratar de um método relativamente moroso, esta nova ferramenta não é recomendada para a análise de questões simples e que exijam resolução rápida, apenas para problemas que apresentem um nível maior de complexidade. Para a elaboração desta prática deve-se seguir seis etapas básicas (Faria, s.d.):

- Seleção do tema ou definição de qual problema/assunto deverá ser abordado de forma genérica a fim de evitar o cenário de opiniões já formadas;
- Reunião das informações verbais, aqui cada um dirá as suas ideias e opiniões (*brainstorming*);

- Transferência das informações para papel, a fim de facilitar a visualização do que foi dito e para melhor organização das opiniões. Estas devem ser escritas de forma clara e deve-se evitar o uso de frases vagas;
- Separação e rotulagem dos pareceres de cada individualidade de acordo com suas “afinidades”. Posteriormente, será feito um agrupamento de ideias separadas por afinidades, que devem ser identificadas de forma a tornar uma classificação ou título;
- Efetivação do desenho com o conteúdo das opiniões separado pelos títulos e pelas relações entre os grupos;
- Apresentação oral ou escrita. Esta é a fase da exposição dos resultados e discussão.

A sua utilização é especialmente relevante em situações que se caracterizam por alguma complexidade, relativamente às quais existe somente uma sensação vaga e pensamentos soltos, expressos qualitativamente. Tipicamente, o método KJ aplica-se quando estamos interessados em responder a perguntas do tipo "Quais...?" em áreas de alguma subjetividade (Método KJ, 1999).

2.6. **LAYOUT – A OCUPAÇÃO DE ESPAÇO**

A ocupação do espaço, ou o termo anglo-saxónico *layout*, segundo Pinto (2013) é “a distribuição dos recursos pelo espaço disponível, não descurando o fluxo dos recursos humanos, materiais e informação existentes”. Quaisquer decisões relativas a esta temática devem ser meticulosamente estudadas, pois exigem elevados investimentos financeiros, temporais e humanos. Uma vez tomadas incorretas deliberações (por exemplo, *layout* mal planeado, falta de envolvimento de várias partes e visão a curto prazo) nas fases iniciais, os erros repercutem-se ao longo do tempo de vida das organizações. Erros esses que Pinto (2013) enumera como consequência de um mau *layout*:

- Elevados custos de posse e de movimentação;
- Maiores tempos de ciclo e maiores *lead times*;
- Danos nos artigos e produtos;
- Problemas de segurança e na moral dos colaboradores;
- Zonas congestionadas.

Dos vários tipos de *layouts* existentes, será dedicada maior atenção para o *layout* por processo. Neste caso, os equipamentos e processos são organizados em seções homogêneas, ou seja, locais partilhados por equipamentos ou pessoas que desempenham funções semelhantes. Apesar de ser flexível, é de difícil gestão considerando que o arranjo dos equipamentos e as operações originam muitas movimentações, *setups* e tempos não produtivos. Este *layout* é característico das empresas que fabricam vários produtos em quantidades variáveis e que sigam a estratégia de fabrico por encomenda (*Job Shop*). Como vantagens apresenta a flexibilidade e a possibilidade de ajustes a vários volumes de fabrico. Por outro lado, a predominância de tempos não produtivos (como transportes), a complexidade na gestão e coordenação de meios e ainda elevados custos unitários são desvantagens a ter em consideração desta tipologia de *layout* (Pinto, 2013).

O *layout* por produto é responsável por dispor os equipamentos e processos consoante a sequência de fabrico. Neste caso, a ocupação do espaço é feita à imagem do produto com o objetivo de otimizar a utilização dos recursos ao longo do seu fabrico. Já o *layout* organizado por células é dedicado ao fabrico de um produto ou família de produtos. Ou seja, “baseia-se no simples princípio que as coisas similares devem ser feitas de forma similar” (Pinto (2013) citando Burbridge, 1989). Finalmente, o *layout* de posição fixa está relacionado com projetos. Ou seja, os recursos deslocam-se em torno do produto como é o exemplo da construção de uma ponte (Pinto, 2013).

2.7. ANÁLISE DE TEMPOS E MÉTODOS

Retomando a revisão teórica já presente neste projeto, com a descrição dos sete tipos de desperdícios do Sistema de Produção *Toyota*, as diversas perdas por processamento são lacunas que utopicamente podem ser excluídas dos processos de fabricação, uma vez que não afetariam as características finais do produto.

Ao aliar à eliminação de perdas a imputação de valor agregado no produto verifica-se a possibilidade de aumentar o preço sem o risco de perder a venda. Neste contexto, será dada relevância à Análise de Valor e Engenharia de Valor (AV/EV). Na opinião de um dos autores mais marcantes da temática, Miles (1962) referido por Battaglia e Bergamo (2010), este conceito remete para um sistema com o propósito de solucionar problemas através do uso de um conjunto específico de técnicas e um grupo de pessoas especializadas. É um enfoque criativo e organizado que tem como propósito a identificação e remoção de tempos e custos desnecessários.

Deste modo, a *SAVE International* estabeleceu, em 1998, um conjunto de seis passos para o desenvolvimento de um projeto de AV/EV. São eles (Battaglia e Bergamo (2010)):

1. **Fase de Preparação:** Nesta etapa, é fundamental ter uma visão geral do que se pretende estudar. Para isso, é crucial fazer uma escolha do recurso a ser abordado, definir o grupo de especialistas e a elaboração do plano de trabalho;
2. **Fase de Informação:** Neste caso, efetua-se a identificação dos dados e das informações sobre o recurso, suas funcionalidades, métodos de fabricação e ainda informações sobre o controlo de qualidade (e custos inerentes);
3. **Fase de Análise:** É feita uma análise crítica de todas as ideias de melhoria tanto do processo como troca de matéria-prima ou de fornecedor. No final, serão decididas quais as alternativas que deverão ser estudadas;
4. **Fase da Criatividade:** É neste estágio que se processa a geração de alternativas, através da compreensão e informação, as quais devem ter como consequência a eliminação de funções desnecessárias, ou maneiras mais simples de satisfazer a função requerida. Nesta fase deve-se consultar os especialistas de cada área para se ter a noção da viabilidade da ideia;
5. **Fase de Julgamento:** São avaliadas alternativas, técnicas e soluções económicas existentes que melhor se adaptem à empresa, para finalmente, decidir-se qual é a melhor alternativa;
6. **Fase de Planeamento:** É criado para cada área funcional, um plano de execução, bem como o estabelecimento de um programa de investigações para se obter as informações técnicas necessárias sobre os processos de fabricação, compras, programação da produção, etc.

Dentro desta técnica, pode-se incluir a avaliação numérica de relações funcionais conforme proposto por Mudge (1967). Essa avaliação implica uma comparação de todas as possíveis combinações de pares de funções, determinando-se a cada momento a mais importante, com uma ponderação adequada (Battaglia e Bergamo, 2010).

Através de um caso de estudo desenvolvido por Battaglia e Bergamo (2010), é notável que o processo de construção de um caso AV/EV foi dividido em quatro fases:

- a) **Condução de um lote piloto:** tem como objetivo verificar os procedimentos de aplicação com base no protocolo, visando o seu aprimoramento, examinando a qualidade dos dados obtidos e conferindo se eles contribuem para um maior atendimento aos objetivos da pesquisa;
- b) **Recolha de dados:** Nesta fase, as entrevistas devem ser consideradas, com os seguintes fatores: ter capacidade de fazer questões adequadas e interpretar as respostas; ser um ouvinte atento e não trazer nenhum tipo de preconceito; estar solidamente alicerçado no tema a ser investigado e ser recetivo e sensível a possíveis evidências contraditórias;
- c) **Análise de Dados:** Partindo do conjunto dos dados recolhidos, é produzida uma espécie de narrativa geral do caso;
- d) **Geração de um relatório do caso de estudo:** Fazer um relatório de um estudo significa conduzir suas constatações e resultados para se compreender a conclusão. As informações da narrativa podem ser realçadas com tabelas, gráficos ou imagens.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.1. O GRUPO EROFIO

Fundada em 1990, a Erofio iniciou a produção de moldes para os setores de eletrônica, eletrodomésticos e automóvel. O grupo especializou-se no fornecimento de soluções para a indústria de injeção de termoplásticos, utilizando a melhor e mais avançada tecnologia disponível para o projeto, produção e controlo da qualidade. No início do ano de 2013 mudou as suas instalações e sede social para a Jardoeira, Batalha.

É constituído por três ramos paralelos em que se destacam: Erofio – Investimentos Imobiliários, SA. cuja atividade assenta na compra, venda, permuta, arrendamento de imóveis e revenda dos adquiridos para esse fim. Também investe na promoção imobiliária, construção civil e obras públicas.

Outro ramo prende-se na fabricação de moldes para a indústria de plásticos e fundição injetada, denominada por Erofio – Engenharia e Fabricação de moldes, SA. Iniciou as suas atividades a 2 de janeiro de 1992 como EROFIO – Erosão por fio, Lda., alterando a sua forma jurídica em junho de 2001.

A Erofio Atlântico – Moldes e Soluções de Engenharia, Lda., resulta da necessidade de complemento aos moldes para injetar algumas peças, testar e validar os próprios moldes realizados na Erofio S.A.. Desencadeou o seu crescimento através das sinergias com os clientes que confiaram na produção de componentes plásticos em série.

Tanto à Erofio S.A. como à Erofio Atlântico, Lda., foi renovado o estatuto de empresas PME Excelência, atribuído pelo IAPMEI.

O grupo é caracterizado por trabalhar em prol de uma constante atualização, tornando-o, irrefutavelmente, inovador. No âmbito do Nitec, programa de apoio à investigação, o grupo Erofio desenvolveu um *software* que permite uma constante informatização de todo o processo de produção, evitando o excesso de informação, em papel, que se tornava uma lacuna. Também adquiriu um *software* “que permite fazer a maquinação contínua em cinco eixos, que se traduz na redução do tempo de fabrico do molde em cerca de 25%, para além de melhorias no acabamento e dimensões mais precisas.” (Marques, 2007).

A estratégia adotada permitiu o alargamento da cadeia de produção, apostando em produtos de maior valor acrescentado. Tanto na Erofio S.A., como na Erofio Atlântico, Lda. têm sido desenvolvidos projetos ligados ao bimaternal, uma área de permite reforçar o posicionamento do grupo. A EROFIO é associada do CENTIMFE – Centro Tecnológico da Indústria dos Moldes e Ferramentas Especiais, ANEMM – Associação Nacional das Empresas Metalúrgicas e Metalomecânicas, CENFIM – Centro de Formação Profissional da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica e da CEFAMOL – Associação Nacional da Industria de Moldes.

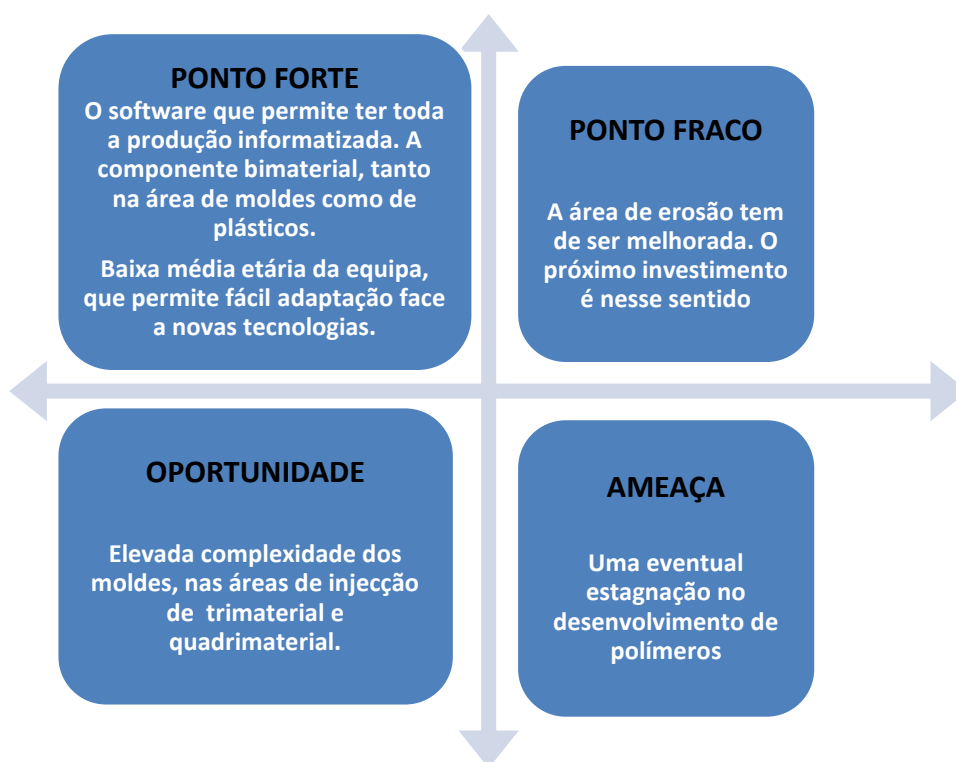


Figura 3. Análise SWOT do grupo Erofio (adaptado de Marques, 2007)

3.2. EROFIO S.A. – ENGENHARIA E FABRICAÇÃO DE MOLDES, S.A.

A Erofio é presentemente uma empresa certificada ISO 9001:2008 devido à evolução e exigência dos mercados de destino e integra uma equipa de 89 colaboradores.

O principal ramo de atividade é a conceção e fabricação de moldes para injeção plástica e fundição injetada, principalmente para as indústrias automóvel, eletrónica, eletrodomésticos e engenharia eletrotécnica. Fabricação essa absorvida pelo mercado externo, nomeadamente Alemanha, Bélgica, EUA, França, Suíça e Suécia.

3.3. ANÁLISE DOS PROCESSOS DA EMPRESA

3.3.1. O PROCESSO DE UMA NOVA ENCOMENDA

De uma forma clara e sucinta, os moldes são produzidos de acordo com as pretensões do cliente. Assim, todo o processo produtivo desencadeia-se na interação entre o cliente e os comerciais da Erofio, em que os clientes definem as especificações do produto.

Com a informação recolhida pelos comerciais, o ante projeto estuda os requisitos do cliente e analisa, ao mesmo tempo, a melhor forma de os cumprir.

A proposta é posteriormente apresentada ao cliente e, caso este a aceite, insere-se a encomenda no sistema informático da empresa.

Com as diversas encomendas, é executado o planeamento de produção, no qual se tenta maximizar a utilização das máquinas da produção, minimizando o tempo de espera entre operações. Após o fabrico de cada componente constituinte, é realizada a montagem do respetivo molde. Para efeitos de controlo de qualidade, são realizados ensaios dos moldes e consequente produção de peças. Finalmente, e estando tudo conforme, os moldes são encaminhadas para a expedição, sendo posteriormente enviados para o cliente. Através da Figura 4 é possível ver esquematicamente todos os processos inerentes à conceção e fabricação de um molde.

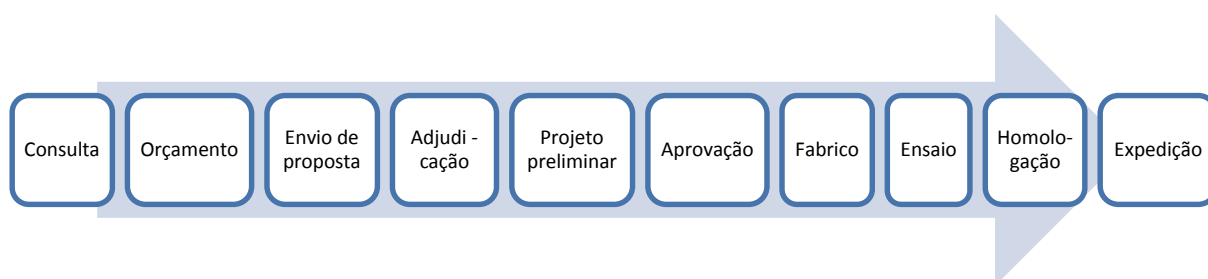


Figura 4. Processo produtivo de um molde (Adaptado de CEFAMOL, 1995)

3.3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo de uma encomenda envolve várias etapas e equipamentos. Assim, este ponto pretende dar ênfase às diversas operações envolvidas na produção de um molde, desde o projeto até à expedição do produto acabado.

- **Projeto**

A conceção e execução do projeto de molde são feitas segundo um conjunto de informações prestadas pelo cliente. Concluída esta fase, envia-se o preliminar do projeto do molde para o cliente para que este o aprove ou envie as respetivas correções a realizar no preliminar. Concluídas as revisões ao preliminar do molde e obtida a aprovação do cliente elabora-se o desenho em 3D semifinal para realizar algumas maquinações na estrutura do molde. Posteriormente, é concebido o desenho final já com todas as informações necessárias à execução do molde propriamente dito.

- **Planeamento do Fabrico**

Os aços e materiais são encomendados de acordo com a lista de materiais presente no programa informático "EROFIO" e com base na lista de fornecedores qualificados da empresa. Quando o aço chega às instalações da Eroflo é feita a inspeção de receção, verificando a sua identificação, de modo a permitir a sua rastreabilidade, e feito o respetivo registo no programa "EROFIO".

- **Galgar**

Concluída a inspeção de receção do aço é necessário galgar o aço, e colocá-lo em esquadrias, iniciando-se, assim, o processo de fabrico.

- **Desbastes**

A primeira operação a realizar na fase do desbaste é analisar e certificar se as dimensões do aço estão de acordo com o desenho da peça. De seguida, é efetuada a operação de desbaste de forma a deixar aço suficiente para passar à fase do acabamento.

- **Furações**

Nesta fase do processo de fabrico do molde são realizadas furações para as águas e para outras finalidades, que sejam necessárias ao bom desempenho do molde.

- **Primeiro controlo**

Ao longo de todas as fases do processo de fabrico dos moldes, realizam-se operações de auto controlo e controlo volante. Nas fases mais importantes ou críticas do processo de fabrico, realizam-se outras operações de controlo.

Durante a fase do controlo 1, verificam-se:

- Cotas principais
- Posição dos furos e caixas
- Furos roscados
- Esquadrias
- Escareados
- Detalhes de Maquinação

Atesta-se ainda, visualmente, se as peças detêm algum defeito de maquinação e se todas as operações de maquinação previstas foram realizadas. Esta ação de controlo é muito importante, especialmente para peças que serão sujeitas a tratamento térmico.

- **Tratamento Térmico**

Alguns aços necessitam de tratamento térmico, sendo esta tarefa executada por um fornecedor qualificado.

- **Segundo controlo**

Após o aço ter ido ao tratamento térmico, é efetuado o controlo número dois. A peça é verificada visualmente, de modo a identificarem-se possíveis fissuras resultantes do tratamento antecedente aplicado ou outros defeitos (riscos ou mossas), resultantes da movimentação e transporte da peça, verificando-se também se existem empenos. Controlam-se, ainda, os resultados presentes no relatório de tratamento térmico, analisando os valores apresentados no mesmo, confirmando se a peça vem de acordo com o que foi pedido.

- **Retificação**

Nesta fase é analisada a geometria da peça e retificam-se as zonas necessárias para o acabamento.

- **Maquinação final**

Concluídas as fases anteriores de processo de fabrico e apurado se tudo está conforme, realiza-se a maquinação final das peças. Durante esta fase, são realizadas algumas operações necessárias (CNC, erosão por fio ou erosão por penetração) para que a peça fique com o seu acabamento final.

- **Terceiro controlo**

Nesta etapa do processo, verificam-se as seguintes características ou aspetos do molde:

- Cotas de montagem
- Cotas principais das zonas moldantes
- Acabamento superficial
- Detalhes de maquinação

Confirma-se também visualmente se a peça não apresenta defeitos resultantes da maquinação (riscos ou mossas), bem como se as operações de maquinação previstas foram realizadas na totalidade.

- **Tratamento de superfície**

Caso seja necessário aplicar algum tipo de tratamento de superfície às peças (nituração ou revestimento), este realiza-se de acordo com as especificações do molde, por um fornecedor qualificado.

- **Quarto controlo**

Durante este estágio do processo, controlam-se as peças sujeitas a tratamento de superfície, averiguando visualmente a peça, com o objetivo de se identificarem possíveis defeitos resultantes quer do tratamento aplicado quer da sua movimentação ou transporte. Analisam-se também, os dados referidos no relatório de tratamento superfície, comparando-os com os anteriormente especificados.

- **Montagem**

Esta etapa consiste na junção de todas as peças constituintes do molde. É realizada a afinação e ajustamento para que o molde funcione conforme o projetado.

- **Teste Funcional com controlo de amostras**

No ensaio funcional é apurado se o molde funciona em perfeitas condições e de acordo com as exigências do cliente. A este, é enviada a quantidade de peças injetadas do molde por ele pedida, ficando o excedente para a empresa que as irá analisar visual e/ou dimensionalmente. O cliente posteriormente enviará os comentários sobre a peça. Será

em função destes comentários e da análise feita internamente que é tomada a decisão se o molde está ou não OK.

- **Embalagem e Expedição**

A expedição do molde é realizada de acordo com as instruções do cliente.

3.3.3. O MOLDE PARA INJEÇÃO

Os moldes de injeção são, nos dias de hoje, os mais divulgados no processamento de polímeros. Os primeiros moldes foram concebidos, ainda no século XIX, quando os irmãos Hyatt, nos Estados Unidos patentearam a primeira máquina de injeção para um material celulósico (Centimfe, 2003a).

O objetivo fulcral de um molde prende-se com a produção de peças, com qualidade, num curto tempo de ciclo, com o mínimo de manutenção durante o tempo de serviço. Segundo Centimfe (2003b), o molde deve desempenhar corretamente as seguintes funções:

- definir o(s) volume(s) com a forma da(s) peça(s) a produzir, assegurando a reprodutibilidade dimensional, de ciclo para ciclo;
- permitir o enchimento desse(s) volume(s) com o polímero fundido;
- facilitar o arrefecimento do polímero;
- promover a extração da(s) peça(s).

Um molde deste tipo pode ser entendido como um conjunto de sistemas funcionais e que alberga um espaço em que a peça vai ser materializada. Ou seja, esse espaço vai ser preenchido com material fundido, em condições controladas, que garantam a qualidade dimensional e estrutural das peças produzidas. Estes sistemas funcionais são (Centimfe, 2003a):

- a estrutura que assegura a solidez estrutural do molde;
- o guiamento que mantém o perfeito alinhamento da cavidade com a bucha;
- a alimentação (jito, canais de alimentação e ataques), que permite o percurso do fundido, desde o bico da injetora até à impressão;

- o controlo de temperatura que assegura que nas superfícies moldantes a temperatura seja tão uniforme quanto possível e que o arrefecimento se faça de forma rápida e eficiente;
- a extração que faz com que as moldações sejam retiradas do molde.

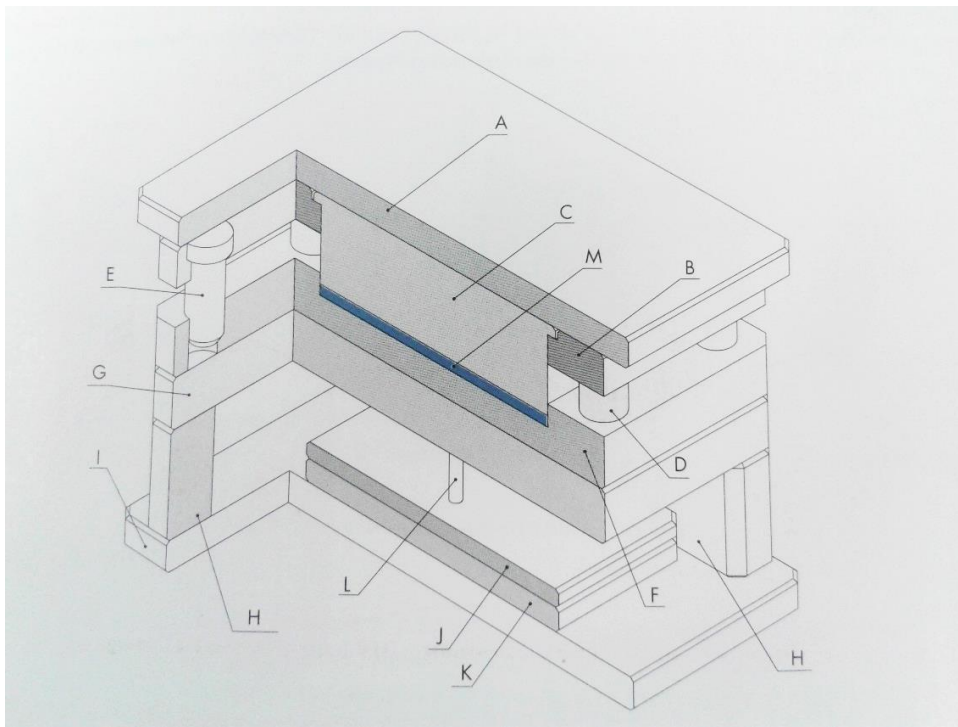


Figura 5. Representação esquemática da estrutura de um molde: (A) Chapa de aperto do lado fixo (B) chapa das buchas; (C) bucha; (D) batente de fecho (E) guia (F) cavidade (G) chapa de reforço da cavidade (H) calço (I) chapa de aperto do lado móvel (J) chapa dos extratores (K) chapa de aperto dos extratores (L) extrator (M) peça (Fonte: Centimfe, 2003a)

No que alude à estrutura do molde, a produção é realizada com variados tipos de materiais, desde os aços de alta liga, usados em moldes para séries muito longas e mais exigentes, até aços carbono para peças menos críticas e séries mais curtas. Além disso, para séries protótipo ou para séries muito curtas são usadas ligas de alumínio ou, mais recentemente, materiais não metálicos nas zonas moldantes, dando origem ao que se designa por moldes híbridos, ou seja, com materiais metálicos e não metálicos (Centimfe, 2003a).

A constituição dos moldes é, desta forma, determinada pela necessidade de realizar adequadamente as funções associadas à execução do ciclo de moldação (Centimfe, 2003b). Nesta perspetiva, um molde pode ser considerado como uma estrutura em que são montados/maquinados os sistemas funcionais. Estrutura essa que é um conjunto de chapas e calços, cujo número depende do tipo de molde. Como exemplo, apresenta-se uma estrutura típica (Figura 6) de um molde de duas chapas, que é o tipo de molde mais

simples, e é constituído por uma parte fixa (ou lado de injeção) que é formada por uma chapa de aperto da injeção e chapa das cavidades. Possui também uma parte móvel (ou lado da extração) que compreende a chapa da bucha, a de reforço das buchas, calços e chapa de aperto da extração.

Na chapa das cavidades (ou num postigo montado nessa chapa) é maquinada a cavidade – parte fêmea do molde- que define a forma exterior da peça. Na chapa das buchas (ou num postigo nela montado) é maquinada a bucha – parte macho do molde- que define a parte interior da peça.

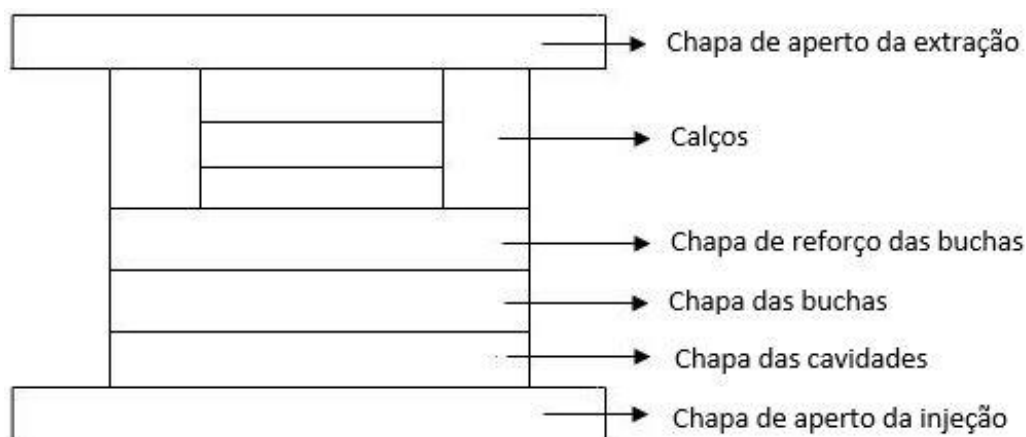


Figura 6. Estrutura de um molde (adaptado Centimfe, 2003b)

É de ressaltar que a cavidade e a bucha podem estar situadas indiferentemente na parte fixa ou móvel do molde. No entanto, é mais comum a configuração descrita, já que facilita a extração das peças. Os calços permitem definir o espaço necessário aos movimentos do sistema de extração e podem contribuir para a altura mínima do molde, exigível pela máquina onde vai ser montado. A impressão (zonas moldantes) é o espaço definido pela conjugação da cavidade e da bucha, que dará a forma à(s) peças(s) (ver Figura 7).

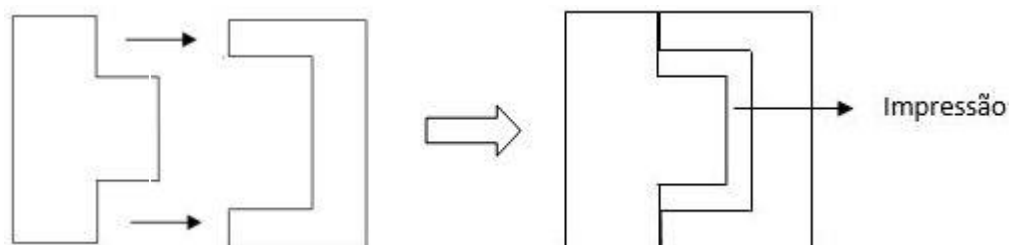


Figura 7. Conjugação da cavidade e da bucha (adaptado Centimfe, 2003b)

3.4. O PROJETO

3.4.1. O DESAFIO/OBJETIVOS A ATINGIR

No mundo dos moldes, assistimos, cada vez mais, a um panorama de imposições de preços e prazos cada vez mais reduzidos e a uma rutura/extinção da relação e da confiança, substituindo o(s) parceiro(s) por qualquer outro que apareça com “melhores condições”. Por parte das empresas produtoras verifica-se que existem falhas periódicas persistentes na qualidade e no cumprimento dos prazos e, também, esmagamento de margens em vez de reais reduções de custo.

Pelo exposto, é mais lógico parar de incidir sobre as margens (que tipicamente já são reduzidas) e começar a incidir sobre os desperdícios, que caracteristicamente são elevados.

Num cenário de ordenamento do tipo *Job Shop* (em que há simultaneamente diversos moldes em produção e estes são compostos por mais do que uma operação, há diversas máquinas que executam operações diferentes, cada operação deve ser feita numa máquina específica e cada molde possui uma sequência de operações própria) a abordagem a realizar tem de ter em consideração muitos fatores e ser assaz cuidadosa.

Todos os processos são compostos por atividades que têm que ser executadas numa certa sequência de forma a criar um determinado valor para o cliente. Uma vez que o resultado deste processo é um molde, a sequência de atividades que permite acrescentar valor constitui uma espécie de cadeia de valor. De salientar que a cadeia de valor de um molde é o conjunto de todas as ações (independentemente do valor que acrescentam, ou não, ao processo) necessárias para fornecer um determinado molde a um cliente.

Dentro de um processo (ou de uma cadeia de valor) existem três tipos de atividades:

-que acrescentam valor: todas aquelas que incorporam ou permitem incorporar ao produto ou serviço algo pelo qual o cliente está disposto a pagar;

-passivas: atividades comuns e que não modificam em nada o produto ou não acrescentam nada real ao serviço: movimentações, “filas de espera”, transferências, etc.;

-controlo: não acrescentam valor, mas podem ser impostas por meios, sistemas, normalizações ou até mesmo pelo cliente, que está disposto a pagar este tipo de atividade. Exemplos: controlo dimensional, galgamentos, verificações.

Como Pereira (2012a) postula, no fabrico de um molde, cerca de 40% do tempo físico requerido para a sua execução é desperdiçado em paragens e atividades que não acrescentam qualquer valor a um molde. Ou seja, seria possível fabricar um molde em apenas 60% do tempo físico requerido para a sua execução, em condições ideais.

Este facto deve-se, muitas vezes, à falta de sincronização das atividades e sua gestão, ao deficiente fluxo dos componentes do molde e à subutilização dos meios de fabrico.

O mesmo autor também afirma que a sobreposição e a coexistência de diferentes moldes não permitem eliminar todas as causas de paragens mas uma parte delas pode ser eliminada ou minimizada, com o consequente ganho em termos de prazo e eficácia.

Relativamente ao planeamento dos moldes, uma grande dificuldade que se verifica não é a falta de investimento em termos de tempo para aperfeiçoar o planeamento, uma vez que como qualquer planeamento está condenado a ser inexato já que em boa verdade, é virtualmente impossível antecipar e garantir o cumprimento de um plano que é elaborado em estimativas e ainda sem se conhecer toda a informação necessária.

O conjunto de atividades produtivas de um molde contém muitas operações que não têm necessariamente que ser executadas de forma consecutiva, permitindo assim racionalizar a utilização das máquinas distribuindo a sua atividade por entre outros moldes. Por outro lado, possui outras, cuja sequência de execução tem que ser contínua sob risco de atrasar irremediavelmente o molde. Este conjunto de atividades designa-se genericamente por caminho crítico.

Verifica-se que é no planeamento que culminam conflitos e divergências cujas causas se devem, por exemplo, aos desvios na execução relativamente ao planeamento, trabalhos de recuperação/reparação de imprevistos, modificações de última hora, desenhos/programas que não foram entregues e, também, trabalhos que ainda não estão efetivamente prontos para a operação seguinte.

“Os tempos consumidos em atividades logísticas puras (leva/traz/procura - carro/procura ponte/procura olhal, íman, ferramentas/...) podem chegar a 10% do tempo total de execução de um molde. Aliás, se se considerar como logística as paragens e filas de espera e os “aguarda por..”, a logística ultrapassa os 45% de tempo de execução real de um molde (Pereira, 2012a).” Ao longo deste projeto, estes tempos serão retratados como tempos *setup*.

Os erros, enganos e não conformidades são uma das maiores causas, quer para incidentes de fluxo, quer para a subutilização dos meios de produção. As consequências de um erro transcendem largamente o simples custo das horas de remanufatura e os materiais de substituição. Há diversas abordagens a ter em consideração relativamente à ocorrência de erros:

- Obriga a remanufaturas, normalmente urgentes e não previstas, obrigando à alteração de estratégias e sequenciamentos da(s) máquina(s) envolvida(s) na recuperação;
- Incumbência a alterações da estratégia e sequenciamento de operações a jusante ou operações dependentes (incluindo montagem) que muitas vezes são obrigadas a trabalhar *substandard*;
- Necessidade de remanufaturas urgentes, sujeitando substituições de um molde em curso, pelo molde a remanufatar, com todas as perdas e inconvenientes de mais uma mudança.

Ao longo do estágio, foram evidentes vários aspetos que passam a ser discriminados:

- Subutilização dos meios:
 - Falta de desenhos/programas:

Não obstante de toda a evolução nos meios de comunicação entre setores da empresa, incluindo projeto/modelação/programação/utilizadores CNC, a falta de sincronização dos programas concluídos, é uma das maiores causas para subutilização de máquinas, alteração de estratégias de fabrico e perdas associadas.

- Mudanças de máquina:

Por uma máquina, passa um número elevado de componentes de um molde, entre muitos outros moldes. Mudar de um componente para outro faz parte do modo normal de funcionamento de uma máquina. O tempo de mudança por si próprio é apenas uma parte do problema. Um elemento importante do problema são as interrupções de execução, as substituições (mudanças) por outros moldes, as remanufaturas, as correções, etc.

Numa fábrica típica de moldes, embora dependendo do rácio de utilização dos equipamentos, estima-se que as mudanças podem estar na origem de entre 30 a 45% do total dos tempos improdutivos de um recurso de fabrico (Pereira, 2012b). O *setup* de uma

máquina é uma operação que não produz valor, apenas implica um acumular de tempos não produtivos e uma diminuição da sua produtividade pelo que este deve ser minimizado.

- Atrasos de execução

Esta deficiência resulta na acumulação de trabalho ao longo das operações, acabando por se traduzir em demoras na conclusão do molde, limitações do tempo físico disponível para a execução de operações a jusante. Este facto torna necessário a duplicação de recursos ou a subcontratar, aumentando os custos suplementares do molde (horas normais/horas extraordinárias). Verificou-se uma diminuição do potencial produtivo da empresa criando congestionamentos pontuais e afetando o equilíbrio de utilização de recursos produtivos.

- Fluxo de informação: já bastante aceitável
- Índices baixos na utilização ideal dos equipamentos
- Dificuldade em prever os tempos reais de execução das operações

Para apresentar o exposto, é evidente que foi necessário recorrer a uma tarefa crucial: a medição. O primeiro passo para qualquer tentativa de resolução de um problema passa por conhecer a dimensão do mesmo. Portanto, num período de normal funcionamento, foi realizado um levantamento do impacto dos tempos que envolvem a maquinação de peças aleatórias. Essa análise teve como segundo objetivo a obtenção dos tempos de *setup*, de valor acrescentado e de espera. Deste último, também se pretendeu explorar o tipo (interno ou externo) e o motivo (por exemplo, ausência de operador e falta de planeamento).

Segundo Pereira (2012a), é determinante ter em consideração a distinção entre tempo contabilístico e tempo de calendário. Em termos de fabrico de moldes, podem corresponder a significados práticos divergentes.

Tempo de calendário: como a definição refere é o tempo físico, contado em termos de calendário, que o cliente espera pelo molde; inclui fins de semana, feriados, etc. Normalmente mede-se em dias ou semanas.

Tempo contabilístico ou de execução: é o somatório dos tempos estimados ou imputados a um molde, independentemente da sua projeção no calendário. Neste projeto, nomeadamente no *value stream mapping*, os períodos representados apresentam-se em tempo de calendário.

Com este estudo, pretende-se que a empresa em estudo não só possua a percepção de que as mudanças introduzem quebras de ritmo e perdas consideráveis no seu processo produtivo, como também quantificar todos os dados relativos à peça em causa.

Segundo Pereira (2012b), em termos de tempo de calendário (aquele que efetivamente tem valor para o cliente) o *lead time* de entrega de um molde alberga atividades que levam mais de 60% do tempo a ser executadas do que o tempo real (horas) necessário para a sua execução. As causas principais, ainda segundo o mesmo autor, prendem-se pelas descontinuidades na execução e pelo desrespeito ao caminho crítico de execução dos moldes. Ou seja, a origem dessa perda de tempo deve-se a interrupções e hiatos na sequência de operações. É penoso observar componentes maquinados cada vez mais depressa graças ao potencial sempre crescente das máquinas, ficarem bloqueados horas, aguardando por outros componentes ou mesmo acessórios secundários, unicamente por falta de sincronização e coordenação.

O tempo de planeamento é sempre superior ao tempo real, ou seja, existem margens (Tabela 1 e Tabela 2). Este conhecimento conduz a:

- Introduções de “serviços muito urgentes” de outros moldes por entre atividades de um molde em maquinação;
- Folgas que efetivamente existem não estão caracterizadas e invariavelmente introduzem-se hiatos nos pontos errados (caminho crítico).

Nestas tabelas, é visível um exemplo do descrito relativamente às diferenças entre os tempos das cavidades, buchas e postigos de cavidade que vão ser alvo de estudo ao longo deste trabalho.

Tabela 1. Tempos previstos e reais para as cavidades e buchas, respetivamente

	Previsão calendário	Real calendário	Previsão calendário	Real calendário
Facejar	05/01/2015	13/11/2014	05/01/2015	13/11/2014
Desbaste CNC (z-)	06/12/2014	25/11/2014	14/12/2014	20/11/2014
Furação engenho	09/12/2014	26/11/2014	10/12/2014	25/11/2014
Desbaste CNC (z+)	14/12/2014	21/11/2014	14/12/2014	21/11/2014
Trat. Térmico	12/12/2014	28/11/2014	13/12/2014	28/11/2014
Retificar	15/12/2014	01/12/2014	16/12/2014	01/12/2014
Acabamento convencional	-	-	05/01/2015	12/12/2014
Erosão fio	-	-	17/12/2014	11/12/2014
Acabamento CNC	05/01/2015	06/01/2015	21/12/2014	10/12/2014
Acabamento CNC	18/12/2014	09/12/2014	05/01/2015	20/12/2014
Erosão	21/12/2014	08/01/2015	24/12/2014	23/12/2014

Tabela 2. Tempos previstos e reais para os postigos de cavidade

	Previsão calendário	Real calendário
Facejar	05/01/2015	27/11/2014
Tratamento térmico	05/01/2015	02/12/2014
Retificar	05/01/2015	04/12/2014
Erosão fio	13/12/2014	04/12/2014
Acabam. convencional	16/12/2014	04/12/2014
Acabamento CNC	19/12/2014	12/12/2014
Acabamento CNC	05/01/2015	06/01/2015
Erosão	22/12/2014	08/01/2015

Como primeiro passo, é importante começar pelo mapa do processo em causa. Segundo Pereira (2012b), um mapa da cadeia de valor correto e devidamente detalhado vale, por si só, 20% do trabalho. Esta etapa é explorada no ponto 4.1. do presente documento.

3.4.2. ÍNDICE *LEAN*

Parece evidente, pelo que tem vindo a ser apresentado e observado ao longo do presente projeto que a aplicação do LM necessita de ser desenvolvida, tendo em conta uma abordagem metodológica, quanto à sua aplicação em ambientes intermitentes, em particular na fase inicial da sua implementação. A fim de aferir o nível de proximidade do sistema de gestão da Erofio ao sistema *Lean*, começou-se por avaliar se a filosofia *Lean* é a mais adequada para a organização em estudo alcançar os seus objetivos estratégicos. Para tal, serão utilizados cerca de noventa critérios, agrupados em oito áreas, previamente definidos e apresentados por Matias e Azevedo (2014). Através destes critérios, os quais foram criteriosamente selecionados, agrupados e pontuados, ambiciona-se assegurar uma relação fiável entre o índice obtido e o nível *Lean* efetivo da Erofio.

Para determinação dos pesos referentes a cada área (cultura organizacional, gestão dos recursos humanos, processos e controlo da organização, processos de melhoria contínua, desenvolvimento de novos produtos, relação com os fornecedores, relação com os clientes e por último, mas não menos importantes, indicadores de desempenho), usou-se a seguinte equação:

$$\text{Equação 1} \quad ILA_i = \frac{nNi*1+nRi*2+nAVi*3+nMVPI*4+nSi*5}{nPAi*5}$$

Onde:

IL_{A_i} representa o índice *Lean* da área *i* acima descritas;

Nº Pa_i representa o número de práticas da área *i*;

Nº N_i representa o número de práticas da área *i* avaliadas com N (nunca);

Nº R_i representa o número de práticas da área *i* avaliadas com R (raramente);

Nº AV_i representa o número de práticas da área *i* avaliadas com AV (algumas vezes);

Nº MPV_i representa o número de práticas da área *i* avaliadas com MPV (a maior parte das vezes);

Nº S_i representa o número de práticas da área *i* avaliadas com S (sempre).

O índice *Lean* da Erofió é então calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{Equação 2} \quad \sum_{i=1}^8 \frac{IL A_i}{8}$$

Em que IL sugere o índice *Lean* da organização.

No que concerne ao método de obtenção dos dados necessários, foi elaborado um questionário (anexo B) com o objetivo de ser respondido pelos responsáveis de cada área.

Tabela 3. Número e percentagem de princípios e práticas *Lean* implementadas na Erofió

Nº de princípios e práticas <i>Lean</i> implementadas	80
% de princípios e práticas <i>Lean</i> implementadas	97,6%

Tabela 4. Nível de implementação dos princípios e práticas *Lean* na Erofió

	Nº de vezes
Raramente	11
Algumas vezes	9
A maior parte das vezes	39
Sempre	21

Tabela 5. Índice *Lean* de cada uma das áreas estudadas, obtido com a equação 1

Cultura organizacional	0.85
Gestão dos recursos humanos	0.675
Processos e controle da organização	0.64
Processos de melhoria contínua	0.689
Desenvolvimento de novos produtos	0.767
Relação com os fornecedores	0.867
Relação com os clientes	0.9
Indicadores de desempenho	0.8

De acordo com a equação 2, o índice *Lean* obtido é de 0.77.

Conclui-se que o índice *Lean* aqui desenvolvido, que pode ser utilizado por qualquer organização, permite avaliar, quer o número, quer o nível de implementação de uma ampla gama de princípios, práticas e indicadores *Lean*. Constata-se que a **cultura organizacional, relação com os fornecedores, relação com os clientes e indicadores de desempenho** são as áreas que na Erofió mais se aproximam do pensamento *Lean* (> 0.77). Verifica-se a existência de uma relação direta entre o índice *Lean* e o índice da área dos indicadores de desempenho, reportando a importância desta área para o desenvolvimento de índices *Lean*. De salientar ainda que este índice vai constituir uma fulcral ferramenta de suporte no processo de tomada de decisão relativamente à adoção da filosofia *Lean* ao longo deste projeto.

3.4.3 METODOLOGIA PROPOSTA

O projeto foi segmentado ao longo de várias fases fundamentais, facilitando tanto a sua compreensão como a sua exequibilidade. Esta divisão permite alinhar o desenvolvimento do trabalho com os objetivos que foram delineados. Após a determinação das lacunas existentes e dessas quais seriam pertinentes serem exploradas e consequente melhoria, apresenta-se na tabela abaixo um esboço dos tempos dedicados a cada tarefa. De notar que para cada proposta foi essencial uma análise crítica inicial e, depois, é que se efetivaram as propostas e implementações.

- Aplicação dos conceitos 5S
 - Levantamento da situação inicial
 - Proposta de melhorias e implementação de ações
- *Value Stream Mapping*
 - Levantamento da situação inicial
 - Proposta de melhorias e implementação de ações
- Causas de paragem de um molde
 - Levantamento da situação inicial
 - Proposta de melhorias e implementação de ações
- Estudo dos tempos
 - Levantamento da situação inicial
 - Proposta de melhorias e implementação de ações

Tabela 6. Cronograma da metodologia proposta

	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR
5 S								
<i>Value stream mapping</i>								
Causas de paragem de um molde								
Estudo dos tempos								

4. RESULTADOS

Segundo Matias e Azevedo (2014), *Heijunka*, ou balanceamento da produção, permite que se produza na ordem em que os produtos são necessários. Esta técnica consiste na distribuição dos produtos de forma sequencial tendo em conta o pedido do cliente, neste caso com um tempo de ciclo próximo do *Takt Time*. Torna-se, então, importante definir *Takt Time* como sendo o cálculo da divisão entre o tempo de trabalho disponível e o número de unidades pedidas pelos clientes, por dia. Resultado este, tempo disponível por molde, passa a satisfazer o pedido do cliente.

Analisando o ano de 2013 e 2014 da Erofio,

$$Takt\ time_{2013} = \frac{119179}{76} \approx 1568 \text{ horas}$$

$$Takt\ time_{2014} = \frac{154618}{94} \approx 1645 \text{ horas}$$

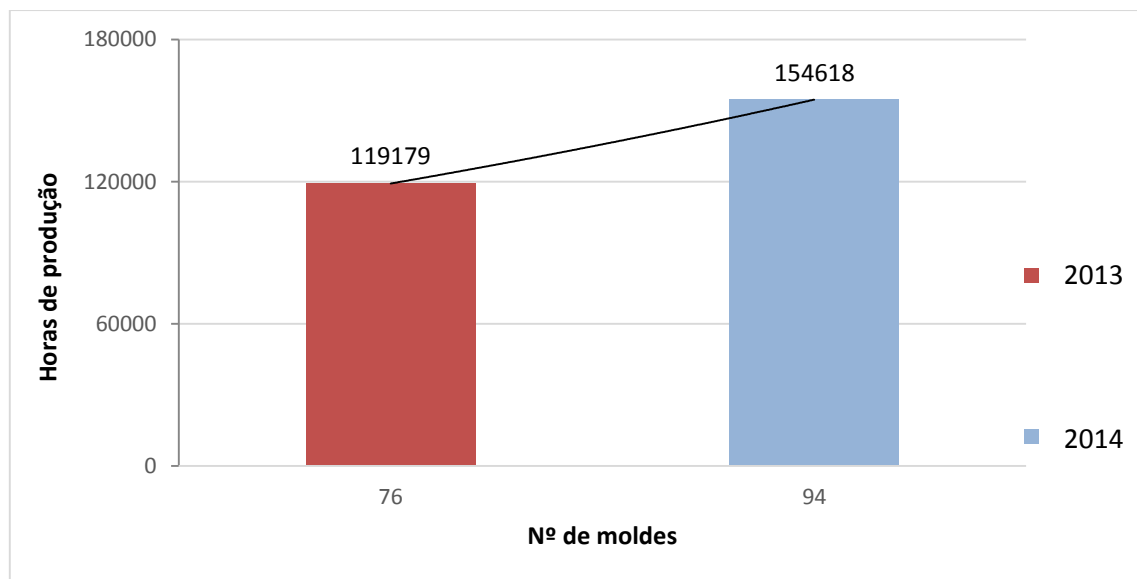


Figura 8. Panorama da Erofio nos últimos dois anos

O tempo de ciclo traduz a frequência com que é maquinada uma peça ou componente de um determinado posto de trabalho ou linha de produção, medida em unidade de tempo. A este indicador deve ser incluído qualquer perda de tempo por motivo de incidente imprevisto segundo a normalização da operação (ações não-cíclicas, deslocamentos, distrações, etc.). O *work content* é a quantidade total de trabalho que está aplicado numa

peça ou componente. É a soma dos tempos de operação das tarefas básicas executadas em cada posto de trabalho para obter um produto sem defeitos e completo.

Uma vez que este projeto aborda concreta e pormenorizadamente um molde, e sabendo que cada molde envolve operações distintas, o que por sua vez culmina em tempos também eles diferentes, os dados apresentados são relativos a um molde em particular. Portanto, a fim de obter o tempo de ciclo, isto é, o tempo decorrido entre a conclusão do produto anterior e a conclusão do produto seguinte, analisaram-se as cavidades, buchas e os postigos de cavidade que a seguir se apresentam:

Tabela 7. Calendário das buchas, cavidades e postigos de cavidades

	BUCHAS	CAVIDADES	POSTIÇOS DE CAVIDADE
Data de encomenda da matéria-prima:	28 outubro (16H32)	28 outubro (16H32)	17 novembro (14h28)
Data de receção da matéria-prima:	4 novembro (8H54)	5 novembro (8H54)	26 novembro (15h47)
Espera inicial (desde a receção até à primeira operação):	4 a 13 novembro	4 a 13 novembro	1h13 min
Última operação (bancada):	27 janeiro (19h02)	27 janeiro (19h02)	27 janeiro (19h02)
Tempo de ciclo:	69 dias (19 novembro a 27 janeiro)	68 dias (20 novembro a 27 janeiro)	45 dias (1 dezembro a 27 janeiro)
Work content:	1661h36	1900h21	1147h01

O objetivo é igualar o ritmo de produção ao ritmo de consumo do cliente. Na realidade, o tempo de ciclo tem que ser menor que o *takt time* para haver margem de manobra para fazer face a problemas de variabilidades que a produção não controla (avarias de máquinas, lotes de componentes em falha, picos de produção, entre outros).

4.1. **VALUE STREAM MAPPING**

4.1.1. **LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL**

Nesta etapa, é crucial a realização de uma análise do processo. Para tal, o presente projeto consiste na elaboração de um mapeamento do processo atual. Foi feita a decomposição do decurso em atividades unitárias ou operações e avaliação do valor acrescentado, *setup* e tempo de espera de cada operação.

No que concerne à criação de um VSM, este processo consiste no acompanhamento de um molde de início até ao fim e respetivo desenho, consistindo numa representação visual de cada uma das operações e dos fluxos de material e de informação. O objetivo principal que se prende com este mapeamento é evidenciar a forma de trabalho atual, criar e mostrar o ponto a partir do qual poderá redesenhar-se o processo, facilitar a identificação de custos e recursos, de indicadores de evolução e de oportunidades de melhoria. O intuito é que o processo fique documentado tal como ele é realmente e não como deveria ser. Como já abordado anteriormente, os moldes seguem um sistema de fabrico por *Job Shop*, pois só são realizados após a encomenda do cliente e personalizados consoante as suas especificidades. Em suma, cada molde fabricado é diferente de todos os outros e tem a sua própria cadeia de valor, existindo uma partilha de recursos com os outros moldes.

O que é notável nesta indústria em concreto é que existem tempos perdidos e atividades supérfluas, tais como retrabalho (correções, alterações e reparações), desmontagem para retoques, acabamentos que poderiam ser evitados, transporte e movimentações desnecessárias, desadequação das máquinas às tolerâncias exigidas e aos serviços a executar; carregar e descarregar repetidamente, e também, esperar por/procurar ferramentas.

Antes de avançar neste trabalho, tornou-se necessário definir alguns termos que foram abordados mais detalhadamente aquando da elaboração dos novos VSM. Os dados reconhecidos como os principais a recolher em cada operação foram a data de início e fim, tempo de valor acrescentado, tempo de *setup* (incluindo o motivo), tempo de espera, o número de operadores e o tempo disponível. Com estes valores reunidos, o objetivo é encontrar os resultados relativos ao *lead time* total e o tempo de maquinação de cada operação.

Individualizando o que cada categoria pretende reter, apresenta-se uma breve descrição:

❖ As **datas de início e fim** (D.I. e D.F., respetivamente) referem-se ao momento inicial e final do processo em causa, isto é, quando o operador começa a preparar o trabalho referente a determinada peça e quando termina todo o processo relativo à mesma, respetivamente.

❖ O **tempo de valor acrescentado** (T.V.A.) é o resultado temporal em que a peça é efetivamente submetida a maquinação. Ou seja, é quando há criação de valor reconhecido pelo cliente.

❖ O **tempo de setup** (T.S.), reflete o tempo consumido a preparar a máquina e a peça, antes e após a maquinação pretendida. Nesta análise, são examinados os tempos de posicionamento da peça, limpeza da máquina e da peça, análise do programa CNC, certificação da posse das ferramentas e acessórios a usar (caso não haja, deslocamento para aquisição do necessário) e, também, os tempos de desmontagem da peça da máquina. Se porventura é o operador da máquina a realizar o programa CNC, este dado também é considerado *setup*.

❖ Quanto ao **número de operadores** (rever anexo A para ver a simbologia correspondente), esta categoria refere-se à quantidade de recursos humanos que estão afetos à operação em questão. Por exemplo, se este parâmetro indicar 1/2 operador por máquina, significa que esse operador está afeto a duas máquinas. Portanto, pode ser igual, inferior ou superior a um.

❖ O **tempo disponível** (T.D.) refere-se ao número de horas diárias que cada recurso humano tem disponível para laborar. No caso da empresa em análise, existem postos de trabalho onde é necessária a presença do operador 8 ou 16 horas diárias (1 ou 2 turnos respetivamente), podendo inclusive trabalhar ao fim de semana. No caso em que é possível maquinar peças sem a presença de operador, devido à elevada automatização da máquina e da posse das ferramentas necessárias por parte da mesma, é denominado por operador sem custo (O.S.C.). Outro cenário possível dentro do T.D. é a realização de horas extra. Nesse caso, é usado um asterisco para informar que houve incremento do tempo normal estabelecido.

❖ O **tempo de espera** (T.E.) acontece quando a peça fica parada, seja à espera da próxima operação ou da continuação da mesma. Este tempo é retirado dentro do tempo disponível para esse posto de trabalho, ou é registado como fora do horário disponível (f.h.d.). Para melhor compreender as esperas serão identificados os motivos da mesma. Para interpretação dos dados, os motivos prendem-se com esclarecimentos diversos

(como de planeamento, programação e até entre operadores), maquinação de outros trabalhos dada a sua urgência ou então devido a decisões estratégicas. Este último motivo tem como exemplos a duração da operação, deteção de erros e respetiva correção, procura/reposição de ferramentas ou acessórios, ausência do operador, inexistência de sincronização no fluxo de informação, nomeadamente proveniente da programação CNC e, também, manutenção dos equipamentos.

Com os valores acima discriminados, objetiva-se obter o tempo de processo. Este conceito remete para o tempo que o processo demora a ser completado, do início ao fim, e que inclui o tempo de *setup*, o tempo de valor acrescentado, tempo de controlo de qualidade e o tempo de retrabalho. Pode ser considerado como tempo de processo, o tempo que se demora a realizar o galgamento, o desbaste, a retificação, etc. No caso de paragens no processo, foi registado como tempo de espera interna.

Inicialmente, e de forma a consolidar o entendimento prático sobre os procedimentos, operações e tantos outros fatores que envolvem a fabricação de um molde, começou-se por realizar um mapeamento da cadeia de valor de um molde que estava em fabrico. Neste caso, importa referir que os dados apresentados são baseados no sistema informático da Erofió, o que não torna este mapa rico em informações detalhadas, apenas apresenta de uma forma simplista as operações e fluxos de um molde (anexo C). Para uma compreensão clara, este molde será apelidado de M1.

Em relação ao estado atual dos dados observados, pode-se destacar o baixo valor da eficiência geral dos equipamentos (OEE) nomeadamente nas seções de fresagem e laser (ver no anexo D um exemplo do cálculo). Devido às informações pretendidas para obter este valor, é perceptível que nesta indústria não é exequível a determinação exata do fator de desempenho, também conhecido por *performance*. Este conceito sugere uma relação entre a velocidade real que o equipamento operou com a velocidade padrão que ele deveria operar. Ou seja, é necessário o conhecimento do tempo padrão requerido, mas devido à natureza da indústria em causa não é possível gerar este valor. Esta parcela será, no máximo, obtida por resultados aproximados. Portanto, a determinação do OEE não será exequível neste ponto do trabalho.

A par disso, os tempos de espera inicial e entre operações (130 horas) são os desperdícios que mais se destacam. De referir que as operações tem declaradas todos os operadores existentes na respetiva secção, o que na realidade não acontece, uma vez que são executados simultaneamente trabalhos de vários moldes. Outro aspeto relevante é que

esta representação engloba 1034 peças constituintes do molde e, por isso mesmo, os tempos entre operações é maioritariamente igual a zero, no cômputo geral. Se fosse analisado por peça, nesse caso já seriam visíveis os tempos de espera.

É evidente que existem outras lacunas nos processos e dados relevantes para além dos levantados no VSM, não obstante este é um meio para se ter uma visão global da presente situação.

O próximo passo prendeu-se com novas observações, desta vez mais críticas e complexas para melhor abordagem do panorama encontrado na Eroflo. Com isto, pretendeu-se escolher quais as ferramentas do LM mais indicadas na minimização, ou preferencialmente, na eliminação dos desperdícios encontrados e iniciar práticas que permitam caminhar para um processo mais magro, sem dissipações, onde os ideais *Lean* sejam seguidos, evoluindo numa base de melhoria contínua.

Após esta caracterização para melhor interpretação dos mapas, iniciou-se o levantamento da cadeia de valor de um novo molde, que será identificado doravante como M2. Com o propósito de conceber um mapeamento o mais fidedigno possível, serão apenas acompanhados três componentes do molde, ao invés das 506 peças constituintes do M2. Esta ponderada decisão foi feita com base nos componentes mais críticos do molde, tanto pela sua robustez e trabalho exigido, como na importância de ter os componentes a par (isto é, sincronizados) com a fabricação das restantes peças.

Posto isto, foram selecionadas as buchas, cavidades e os postigos de cavidades, resultando em 8 peças (2+2+4, respetivamente) e efetuou-se a análise da cadeia de valor dos mesmos. Procedeu-se, deste modo, ao desenho do VSM (ver anexo E, F, G) no sentido de apresentar o estado efetivo da cadeia de valor dos componentes referidos. Foi usado o *software Edraw Max* para documentar e desenhar a informação recolhida.

Deste modo, percorrendo o fluxo produtivo dos três constituintes, e consultando individualmente os operadores que estavam diretamente relacionados com o processo, foi feito o levantamento dos dados acima detalhados.

É também interessante perceber que até à conceção e produção de um molde, há um extenso caminho a percorrer, que pode demorar mais ou menos tempo, de partilha de informações entre a Eroflo e os clientes. Tal é comprovado nas seguintes figuras.

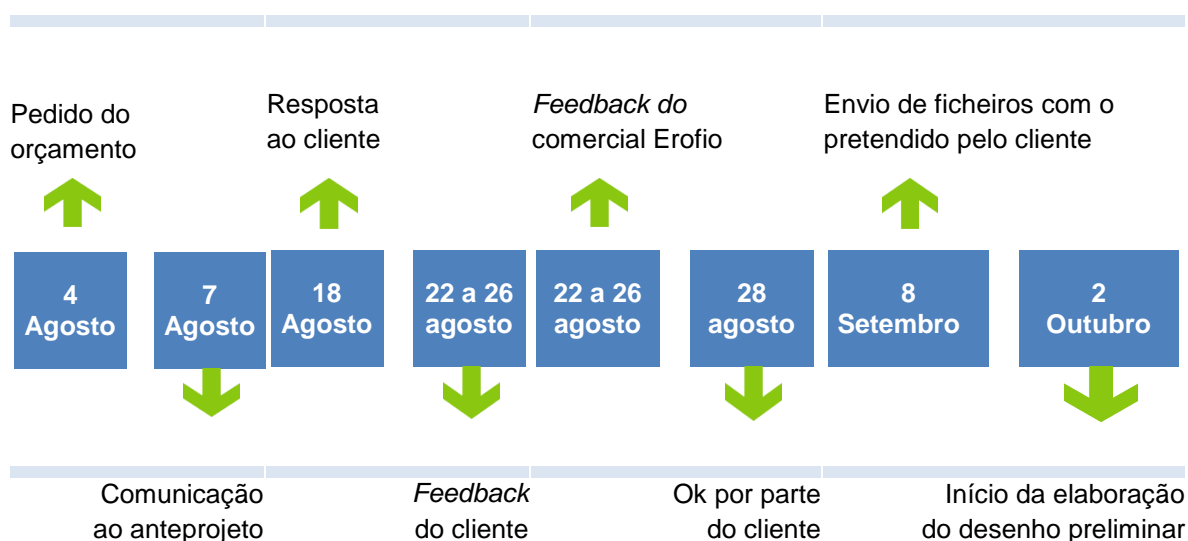


Figura 9. Linha cronológica do processo de negócio do molde em estudo neste projeto, M2 (parte 1)

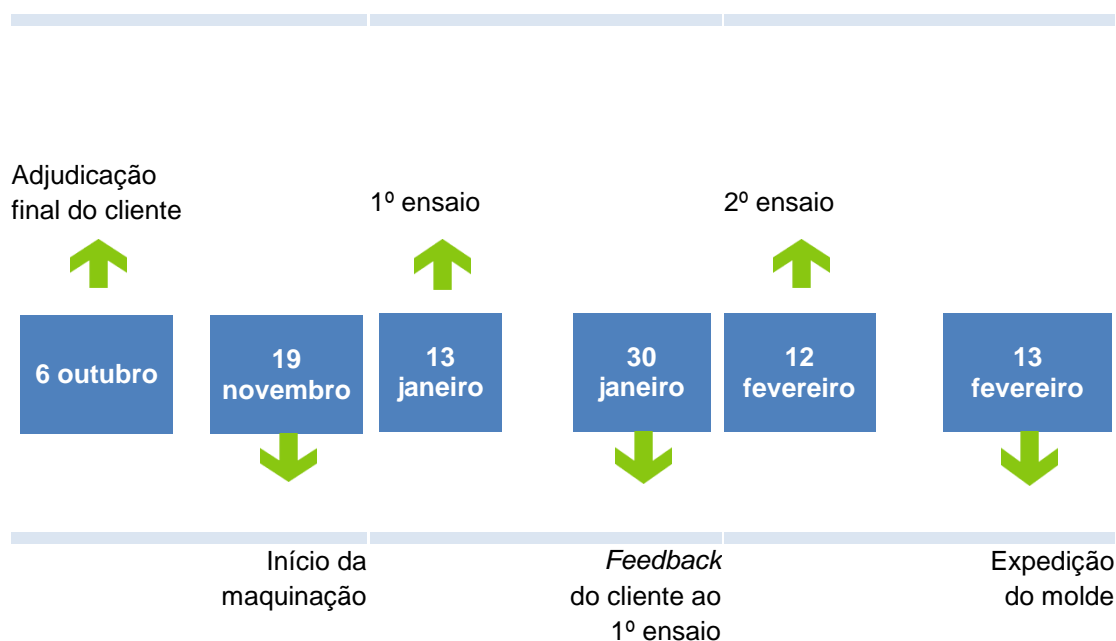


Figura 10. Linha cronológica do processo de negócio do molde em estudo neste projeto, M2 (parte 2)

Da análise efetuada a estes 3 componentes, que correspondem a 8 peças no total, o tempo de produção consumida foi de cerca 3099 horas (1087h09 (cavidades) + 1082h04 (buchas) + 9360h (postigos de cavidades)), valor esse muito além do registado no *software* disponível na Erofio (cavidades: 302h16 min; buchas: 61h56 min e postigos de cavidades:

9h02min). Em termos percentuais, o valor auferido pelo *software* corresponde a apenas 12% do obtido pela observação para elaboração do VSM. De ressaltar que o valor total alcançado através do *software* (914h50min) contempla todas as operações (exceto programação de aços, de elétrodos e desenho dos mesmos) e de todas as peças do molde em questão (120 componentes, perfazendo uma quantidade total de 506 peças), o que nos indica que há uma elevada disparidade entre os tempos de maquinação real e os apontados no sistema. É, então, importante dar especial ênfase a este aspeto, uma vez que, em termos de orçamentação, os valores que a empresa recolhe são aquém do real, o que pode refletir numa análise económica prejudicial à Erofio.

Tabela 8. Análise parcelar das operações constituintes das buchas e tempos associados

Operação	T.S. (min)	T.V.A. (min)	T.E. (min)
DESBASTE CNC	2h49m	2h58m	38h33m
FURAÇÃO ENGENHO	2h06m	3h59m	2h24m
RETIFICAÇÃO	1h47	7h40m	20h54m
PROGRAMAÇÃO	0h10m	6h10	61h40m
FRESAGEM CNC	5h29m	6h30	71h01m
ACABAMENTO CONVENCIONAL	0h17m	0h07m	0h37m
FURAÇÃO RÁPIDA	1h12m	1h00m	0h33m
EROSÃO POR FIO	4h15m	14h50m	5h20m
FRESAGEM CNC	2h59m	3h04m	7h42m
EROSÃO POR PENETRAÇÃO	4h25m	1h30m	47h39m
LASER	0h47m	2h31m	0h0m
TOTAL:	26h16m	50h19m	256h23m
	8%	15%	77%

Ao observar o mapa das cavidades, buchas ou postigos de cavidade é possível ver a existência de uma espera inicial, desde a chegada dos aços até ao início da fabricação, neste caso o facejamento (realizado noutra instalação da Erofio).

Contabilizando todas as operações para as buchas, incluindo as externas (facejamento e tratamento térmico), e a existência do fator operador sem custo (O.S.C.), o somatório é de

aproximadamente 1082 horas, com cerca de 580 horas de inatividade. Nas mesmas condições referidas, as cavidades apresentam um total de operação de 1087 horas e 813 horas de paragem. Por último, os quatro postigos de cavidade são responsáveis por 919 horas e 50 minutos de maquinações e 217 horas e 10 minutos de inatividade.

No total, em 4663 horas e 40 minutos, 35% (1610 horas) refere-se ao tempo inativo destes três componentes, como por exemplo a passagem entre operações.

Tabela 9. Análise parcelar das operações constituintes das cavidades e tempos associados

Operação	T.S. (min)	T.V.A. (min)	T.E. (min)
DESBASTE CNC	3h04m	6h01m	11h57m
FURAÇÃO ENGENHO	2h33m	4h51m	40h21m
RETIFICAÇÃO	2h18m	7h36m	44h33m
PROGRAMAÇÃO	0h10m	6h40m	19h40m
FRESAGEM CNC	4h29m	5h19m	73h07m
RETIFICADORA	0h15m	0h15m	0h0m
DESENHO ELÉTRODOS	0h30m	8h00m	28h32m
PROGRAMAÇÃO ELÉTRODOS	0h40m	6h30m	131h39m
ELÉTRODOS	4h10m	11h26m	72h58m
EROSÃO POR PENETRAÇÃO	11h20m	26h48m	236h11m
FRESAGEM CNC	1h08m	4h26m	0h30m
EROSÃO POR PENETRAÇÃO (86)	1h05m	9h02m	208h07m
EROSÃO POR PENETRAÇÃO (14)	0h47m	3h00m	28h13m
FRESAGEM CNC	1h56m	8h08m	2h55m
EROSÃO POR PENETRAÇÃO (14)	0h42m	2h36m	0h0m
TOTAL:	35h07m	110h42m	898h43m
	3%	11%	86%

Tabela 10. Análise parcelar das operações constituintes dos postos de cavidade e tempos associados

Operação	T.S. (min)	T.V.A. (min)	T.E. (min)
EROSÃO (furação rápida/ Erosão por fio)	1h19m	9h28m	40h33m
ACABAMENTO CONVENCIONAL	0h30m	0h13m	0h04m
PROGRAMAÇÃO	0h05m	0h40m	0h00m
ACABAMENTO CNC	0h54m	3h08m	40h43m
TOTAL:	2h48m	13h29m	81h16m
	3%	14%	83%

De salguardar que os elevados tempos de espera apresentados devem-se ao facto das operações apresentarem os valores relativos a fora do horário disponível (F.H.D.), isto é, quando o operador estava fora do horário laboral (por exemplo, noite e fins de semana), mas a peça encontrava-se no posto sem sofrer qualquer maquinação. No caso de operador sem custo (O.S.C.) refere-se a uma peça a ser maquinada, mas com o operador ausente (fora do horário laboral).

A análise e conclusões não têm em conta atividades de desenho preliminar, desenho 3D e 2D uma vez que não foi exequível a contagem de tempos relativos aos componentes em estudo particularmente. Não obstante, apresentam-se na Tabela 11 os dados obtidos destas operações pelo *software* “EROFIO”.

Tabela 11. Duração do tempo de trabalho referente aos três desenhos

	DESENHO PRELIMINAR	DESENHO 3D	DESENHO 2D
D.I.:	2 out (13h30)	27 out (13h31)	20 nov (10h45)
D.F.:	20 out (12h36)	23 jan (17h04)	20 nov (17h08)
T.V.A.:	50h 20m 7 s	89h 15 m 12 s	328 min
Nº OP.:	1	1	1
T.D.:	8h	8 h	8h
T.S.:	-	-	4 min
T.E.:	-	-	56 min

4.1.2. PROPOSTA DE MELHORIAS E IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES

Após uma rigorosa observação dos mapas resultantes e dos dados reunidos, é pertinente referir quais as lacunas encontradas e respetivas oportunidades de melhorias, para colmatar as mesmas.

No caso das buchas, há que referir os seguintes pontos (para melhor acompanhamento, ver anexo E):

- Elevado tempo inicial de espera desde a receção do aço até à primeira operação efetuada na Erofin, Desbaste CNC (~358h).
- A programação de aço, devido à natureza do seu trabalho, já podia ter a informação para o acabamento CNC disponível, evitando o tempo de espera de 93 horas, entre a retificação até ao acabamento.
- Inexistência de folga em furo, que provocou a necessidade de remanufaturas.

Já nas cavidades, a informação eletrónica foi ocultada do desenho para não comprometer a visualização do mapa e merece atenção o seguinte (ver anexo F):

- Elevado tempo inicial de espera desde a receção do aço até à primeira operação realizada na Erofin, Desbaste CNC (377 horas).
- A programação de aço, o desenho, a programação de eletrodos e a própria preparação dos eletrodos, devido à natureza de operações que representam, já podiam estar realizadas, de modo que entre o acabamento CNC até à efetiva realização dos eletrodos o tempo de espera (93h + 333h27) fosse circunscrito.
- Na operação fresagem CNC, devido a erro detetado (peça fora de esquadria) aquando do acabamento CNC, as peças tiveram de ser transportadas para a retificadora, operação que absorveu 30 minutos.
- Devido a reconhecimento de mocha numa das cavidades, proveniente de operações a montante, no dia 15 de dezembro, a peça foi levada para a solda dia 16 de dezembro. Este erro e respetiva correção exigiu cerca de 29 horas de paragem das cavidades.
- Necessidade de peça ser rebaixada, isto é, remoção de aço.

Por último, os postigos de cavidades tiveram um desenvolvimento considerado regular.

Dos aspetos mencionados, é pertinente distingui-los em duas categorias. A primeira refere-se a fatores isolados, isto é, problemas que sucederam no molde em concreto (por exemplo, a existência de uma mocha) e a segunda a fatores recorrentes, ou seja, que estão presentes em todos os moldes, sem distinção, como é o caso da programação de aço, do

desenho, da programação de eletrodos e a própria preparação dos eletrodos, que merecem uma especial atenção.

No caso do molde em questão, as cavidades representam 35,4% do total de horas de operação do molde, isto é, tendo em conta todas as peças constituintes (506) e não apenas as cavidades, buchas e os postigos da cavidade. Não foi possível constatar que as cavidades porventura tenham provocado atrasos diretos nas restantes peças, pelo que pode considerar-se, em termos *Lean*, como o *lead time* das cavidades praticamente igual ao *lead time* de todo o molde. Assim, o caminho das cavidades é equivalente ao caminho crítico do molde em questão.

Verificou-se que os tempos de espera (*waiting time*), contrariamente à teoria abordada neste projeto, não são superiores à componente que acrescenta valor, o que reflete ser um bom indicador do fluxo.

De forma a reduzir (idealmente não seria a redução, mas sim a eliminação) os tempos de *setup* existentes e os tempos de espera identificados no VSM e após diálogo com várias partes da organização em estudo, são propostas as seguintes iniciativas:

- Investir em utensílios de aperto rápido e sistema de paletização;
- Conciliar ferramentas e acessórios de acordo com os *standards* 5S;
- Dispor utensílios e meios de movimentação eficazes;
- Disponibilizar informação acessível e em antecipação.

Destes aspetos, os três primeiros serão abordados em detalhe mais à frente no presente documento. Relativamente ao último ponto “Disponibilizar informação acessível e em antecipação”, considera-se como o mais crítico, sensível, exaustivo e custoso em termos económicos cujos resultados só se conseguem apurar a longo prazo, tempo esse que vai para além do disponível durante a permanência na empresa. A falta de sincronização entre o setor da programação de aço e eletrodos com as subsequentes operações corresponde a tempos de espera e de *setup* que poderiam ser evitados. É a partir da programação que as atividades a jusante podem maquinar (nomeadamente a fresagem CNC e erosão por penetração) e, além disso, as ferramentas a usar são de acordo com o estabelecido na operação em causa. Portanto, é de elevada importância que os programas estejam acessíveis aos operadores com alguma antecedência (por exemplo, enquanto a peça anterior está a ser maquinada), para que estes consigam preparar o trabalho a realizar,

tanto na recolha das ferramentas e acessórios a usar, como na análise dos programas a executar e até mesmo na própria preparação, implementação e posicionamento da peça na mesa da máquina (ou nas paletes à parte) quando exequível. Desta forma, adivinha-se uma franca poupança nos tempos de *setup* e de espera. Para tal, e pelo exposto, propõe-se o investimento em recursos humanos neste setor. De ressaltar, esta proposta após ter sido discutida com os responsáveis da empresa, foi considerada importante para a Erofi, mas a sua aplicação será a longo prazo, uma vez que a formação do futuro recurso humano exige alguns meses de permanência na fresagem, por exemplo, de forma a compreender detalhadamente como se processa a maquinação. Idealmente, e visto que a fresagem e erosão por penetração são atividades que operam em dois turnos, se a programação fosse estendida ao mesmo regime, os benefícios desta mudança seriam evidentes.

Outra ocorrência importante e passível de uma oportunidade de melhoria é referente ao planeamento. Neste caso, verificou-se que existe uma indisciplina no rigor com que é abordado este tema. Devido à indústria em causa, não há nenhuma metodologia ou algoritmo que consiga comportar as especificidades que envolvem um molde, exigindo, desta forma, um permanente acompanhamento humano ao trabalho que já foi feito, que está a ser feito e que futuramente vai ser realizado. Esse acompanhamento é tão importante quanto complexo, uma vez que têm de se coordenar milhares de operações ao mesmo tempo, máquinas e pessoas. É crucial um conhecimento extensivo desta indústria para saber lidar com todos os imprevistos que diariamente aparecem e geri-los de forma a otimizar todo o sistema. Portanto, para responder a esta dificuldade é importante ter responsáveis que consigam conduzir todos os processamentos de forma eficaz e permanentemente. Verificou-se que os recursos humanos com estas duas competências são insuficientes para responder às crescentes necessidades da empresa. De forma a responder a esta situação, há recursos humanos que auxiliam nesta tarefa, acabando por dividir esforços nas duas tarefas (função a que estão destinados e planeamento), podendo correr o risco de afetar negativamente alguma destas. Torna-se, então, vital referir que o investimento humano para reforçar o planeamento traduzir-se-á em ganhos consideráveis, tornando o fluxo de produção mais contínuo e controlado, necessidades que se sentiram ao longo do estágio.

4.1.2.1 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 5S

No que respeita à organização do espaço de trabalho e mudança de mentalidades dos funcionários, é invocada a implementação dos 5S's, sempre na expectativa de obtenção de benefício. No entanto, é indispensável referir que, após a adequação desta técnica, não

se espera que a produtividade da Erofio seja velozmente incrementada uma vez que se trata de uma metodologia aplicada passo a passo e cuja melhoria deverá ser contínua. Ou seja, o resultado não tem efeitos imediatos como se de uma mudança radical se tratasse.

Reforçando, muitas atividades poderão não significar diretamente aumento do trabalho produtivo, isto é, acrescentar valor diretamente a um molde, por exemplo. Estas ações envolvem movimentações e transportes de cargas e de recursos humanos, a procura de ferramentas ou acessórios entre outras ações que muitas vezes conduzem a uma paragem de determinada tarefa, à perda de tempo e à distração do(s) operador(es) (Andraschko, 2005).

Para solucionar estes aspetos, isto é, eliminar todo o desperdício e manter o ambiente organizado, Andraschko (2005) aconselha a identificação dos itens necessários, a disposição destes o mais perto possível do operador, a fácil localização de ferramentas e componentes, a facilidade de acesso a qualquer área de trabalho, a limpeza do espaço, entre outras medidas.

É neste sentido que este tópico é interessante para o presente projeto. Após a deteção de oportunidades de melhoria no *gemba* da empresa em questão, foram envolvidas as habituais cinco fases da filosofia em estudo.

Começando com o primeiro S (*Seiri*), que remete para a existência de apenas o que é necessário no local de trabalho, foram organizados armários e gavetas presentes na secção da fresagem. No primeiro caso, foi notável o excesso de parafusos existentes numa só prateleira de diferentes alturas e diâmetros (culminando em tempo perdido na procura e medição dos parafusos a usar). Após diálogo com os operadores que usavam mais frequentemente este móvel, ficou claro que muitos parafusos eram desadequados aos trabalhos devido às suas características. A partir daí, foi feita uma seleção dos realmente necessários e consequente classificação quanto ao diâmetro. Os restantes foram levados para a ferramentaria.

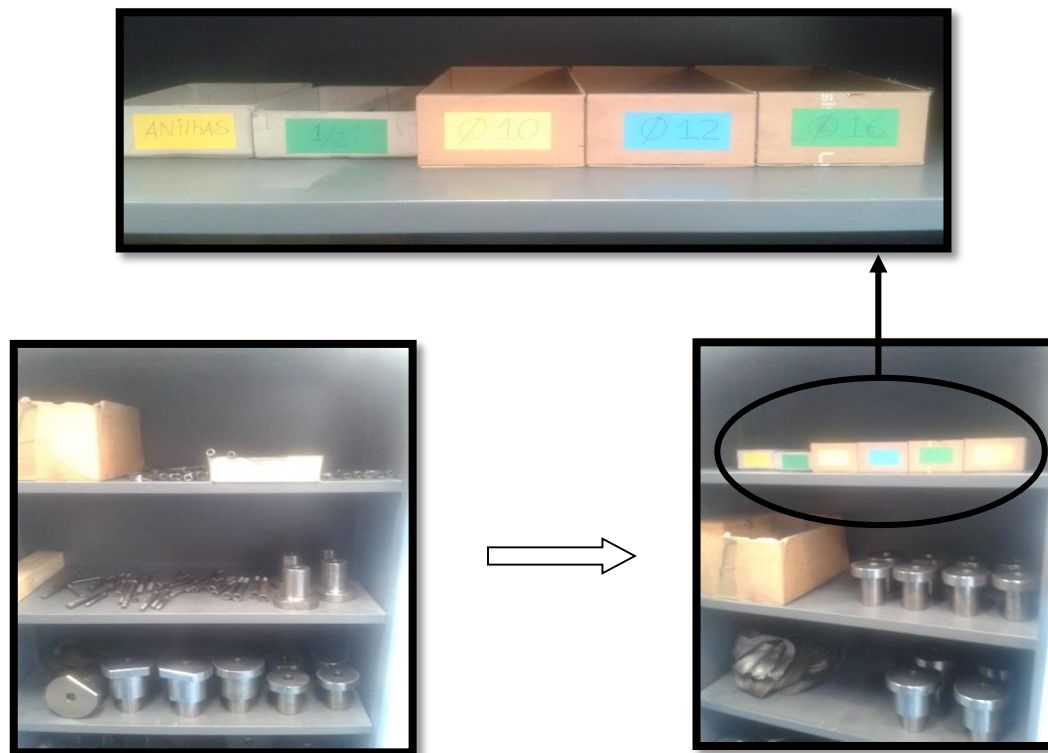


Figura 11. Armário presente na fresagem antes e após a implementação dos 5S

Outro exemplo de trabalho realizado nesta etapa foi a reestruturação de uma gaveta, usada muitas vezes pelos operadores de toda a secção, que contém uma ferramenta para calibrar os furos, a *Modulhard'andrea*. Neste caso, e como visível na primeira imagem da Figura 12, inicialmente os acessórios encontravam-se distribuídos aleatoriamente pela gaveta, o que obrigava a medição das peças para obtenção do diâmetro pretendido. Então, foi adquirida uma caixa com divisórias e feita a respetiva identificação e separação pelos diâmetros das peças, facilitando o reconhecimento. As ferramentas existentes na gaveta, para além das *Modulhard'andrea*, foram reencaminhadas para locais mais adequados.

Também foi notável que, devido à elevada taxa de utilização das referidas ferramentas, alguns diâmetros pretendidos estavam a ser utilizados ou simplesmente retidos em algum posto de trabalho, muitas vezes devido a esquecimento. Para resolver esta lacuna, foi anexado um papel que tem a identificação de todos os diâmetros e, deste modo, os operadores (que estão sempre acompanhados com uma caneta) que retirarem uma peça são aconselhados a anotar para que máquina foi levada.

Por último, foi feita e colada na gaveta uma sucinta descrição sobre a utilização da *Modulhard'andrea*, que pode ser explorada em detalhe no anexo H.



Figura 12. Gaveta presente na fresagem antes e após a implementação dos 5S

A segunda fase da implementação dos 5S's (*Seiton*) consiste na arrumação e organização do local. Para tal, três abordagens diferentes foram adotadas na Eroflo e que passam a ser discriminadas:

1. Identificação dos carros de transporte e fixação dos respetivos locais de estacionamento

Uma das primeiras iniciativas promovidas relativas ao *Seiton* foi a gestão dos carros de transporte e porta paletes. Era perceptível uma desorganização neste sentido, uma vez que dos sete carros existentes e cinco porta paletes, estes não estavam alocados a nenhuma secção em particular. Ou seja, os operadores ocupavam parte do tempo de trabalho em movimentações desnecessárias à procura destes transportes. Deste modo, a primeira fase compreendeu uma distribuição dos referidos transportes por secção. De notar que os transportes elétricos (carros e *forklift*) são usados pela fábrica toda indistintamente, consoante os transportes a serem realizados. Após uma ponderação com o diretor de produção, ficaram assim repartidos (Tabela 12):

Tabela 12. Inventário dos meios de transporte existentes

	Carro manual de transporte	Porta paletes
Laser	1	-
Logística	1	-
Bancada	2	1
Fresagem	2	1
Apoio	1	1
Erosão	-	1
Retificadora	-	1

A etapa subsequente foi a aquisição de fitas próprias para marcação do chão, com o objetivo de tornar os locais de estacionamento fixos, facilitando o reconhecimento por parte dos operadores. Já na posse das fitas, foi promovido um diálogo com os colaboradores das seções em questão com o intuito de perceber quais os sítios mais adequados para a aplicação das mesmas.

Com esta etapa concluída (ver anexo I para melhor acompanhamento do trabalho realizado), a cor vermelha escolhida gerou obstáculos na sua aceitação, uma vez que foi argumentado que esta cor era entendida como marcação de produtos/locais não conformes. Posto isto, e depois de comprar uma nova cor (neste caso verde), as fitas vermelhas foram retiradas e substituídas pelas de cor verde. Na Figura 13 é possível ver uma transformação do referido processo.

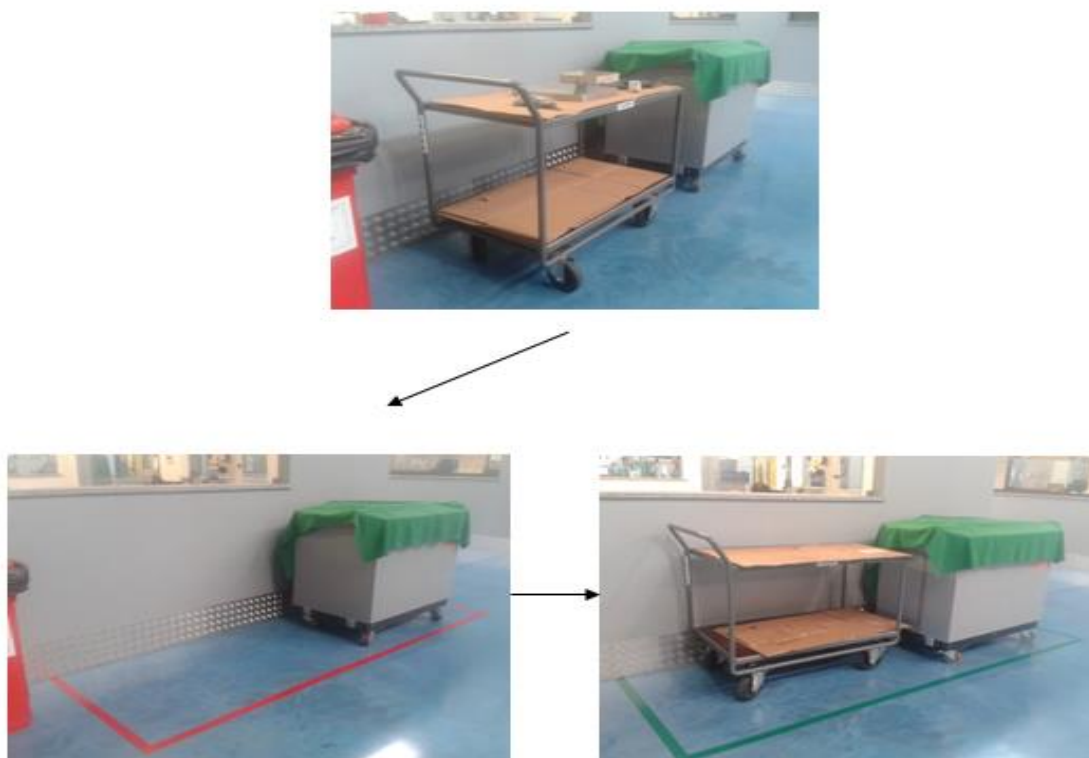


Figura 13. Marcação do espaço na secção de laser

2. Identificação dos acessórios existentes na ferramentaria

Outra secção que mereceu alguma atenção desta metodologia em estudo é a ferramentaria. Neste caso, devido à elevada quantidade de acessórios de diferentes características (ver Figura 14), foi notável que havia desaproveitamento do tempo enquanto se andava pela divisão à procura do pretendido, especialmente pelos operadores mais novos na empresa.



Figura 14. Vista de ferramentaria, antes da aplicação 5S

Para melhorar este aspeto, todas as prateleiras foram devidamente identificadas, tornando a visualização e recolha mais simples e prática.



Figura 15. Vista de ferramentaria, depois da aplicação 5S

3. Identificação de locais, produtos e máquinas: gestão do espaço

Foi também notável a oportunidade de melhoria na identificação dos produtos, espaço e das máquinas. Muitos produtos não tinham rotulado qual o seu conteúdo, o que podia culminar numa má utilização por parte dos operadores. Alguns locais da empresa não estavam devidamente identificados, como é o caso do depósito de resíduos metálicos, do desperdício, da inspeção de receção, entre tantos outros. Na tabela presente no anexo J, é possível ver cinco exemplos do referido.

Outra tarefa realizada foi a numeração das máquinas. Algumas já a tinham, portanto após uma inspeção foram substituídas as que já estavam obsoletas, e outras estavam sem

qualquer identificação. Depois, foi introduzido no sistema Erofio a correta numeração dos equipamentos (anexo K).

Retomando a contagem dos 5S's, a terceira fase denomina-se por *Seiso*, e tem como particularidade o sentido para a limpeza, que deve ser uma atividade constante. Os postos de trabalho já se encontram organizados e têm apenas o que é necessário. Além da existência de uma equipa de profissionais desta área que não descarta uma correta e mais aprofundada limpeza, cada operador deve manter o seu local de trabalho asseado, incluindo a máquina que opera. Devem também fazer as manutenções indispensáveis aos equipamentos que estão calendarizadas. A quarta e quinta etapa, *Seiketsu* e *Shitsuke*, respetivamente, prenderam-se com a definição de uma metodologia que permita manter e controlar os três primeiros S's. Para tal, assegura-se a manutenção do já realizado através de diálogo e autodisciplina dos recursos humanos. A formação não deve ser menosprezada, sendo importante incutir o hábito dos operadores promoverem individualmente esta metodologia. Esta ação é concretizável a longo prazo, mas com vista a resultados assaz positivos.

4.2. CAUSAS DE PARAGEM DE UM MOLDE

4.2.1. LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL

Este estudo tem como escopo o diagnóstico das causas de paragem durante a produção de um molde, para que, desta forma, seja possível melhorar o tempo da sua produção, bem como diminuição de paragens nesse processo. Depois de enquadrar o problema no contexto deste trabalho, é vital maximizar o processo de conhecimento do meio envolvente, isto é, domínio da empresa em questão, bem como o processo de fabrico de um molde. De facto, para atingir esta competência, um dos métodos de investigação é obter resultados através dos operadores, visto que muitos já pertencem à empresa há alguns anos e são uma importante fonte de informação. Depois de várias obtenções de informações em conversa com vários funcionários da organização, realizou-se um questionário aberto para obter mais facilmente resultados conclusivos. Com o foco de obtenção de máxima veracidade dos resultados, foram realizadas duas etapas de questionários, a fim de se completarem.

Após a elaboração dos questionários, passou-se para a fase de recolha e seleção de dados, bem como a indispensável análise das razões de alguns cenários mais frequentes. O presente estudo serve para ajudar a Erofio a detetar esses estrangulamentos, identificá-

los e atribuir-lhes género, frequência e possíveis resoluções. Estas paragens, conhecidas por gargalos, por vezes dificultam a correta produção, acabando por refletir no atraso da entrega ao cliente no prazo estipulado e diminuição da margem de lucro devido a coimas impostas pelo cliente ou também devido ao pagamento de horas extraordinárias aos funcionários, para evitar a situação anterior.

4.2.1.1 QUESTIONÁRIO 1

Esta pesquisa foi realizada com o intuito de perceber quais as verdadeiras causas das paragens da construção de um molde. Portanto, o primeiro questionário tinha apenas uma pergunta, aberta e objetiva, “Na sua opinião, quais são as causas de paragem do molde na [secção]?”, em que a palavra “secção” foi substituída pela secção em análise. Foram entregues 48 inquéritos divididos pelas seguintes secções:

Tabela 13. Distribuição do número de operadores por secção

Retificação	2
Bancada	12
Erosão	7
Fresagem	17
Apoio	10

Destas, 9 foram em branco/não responderam e uma foi considerada inválida. Em termos percentuais, foram obtidas 81,3% respostas válidas.

Após a recolha dos inquéritos, foi realizado um diagrama KJ por cada secção. Este diagrama pretende reunir todas as opiniões por categorias, com a finalidade de tornar a interpretação deste questionário mais fácil. Um exemplo do realizado está patente na Figura 16, relativo à fresagem CNC. No anexo L é possível ver as restantes respostas por secção.

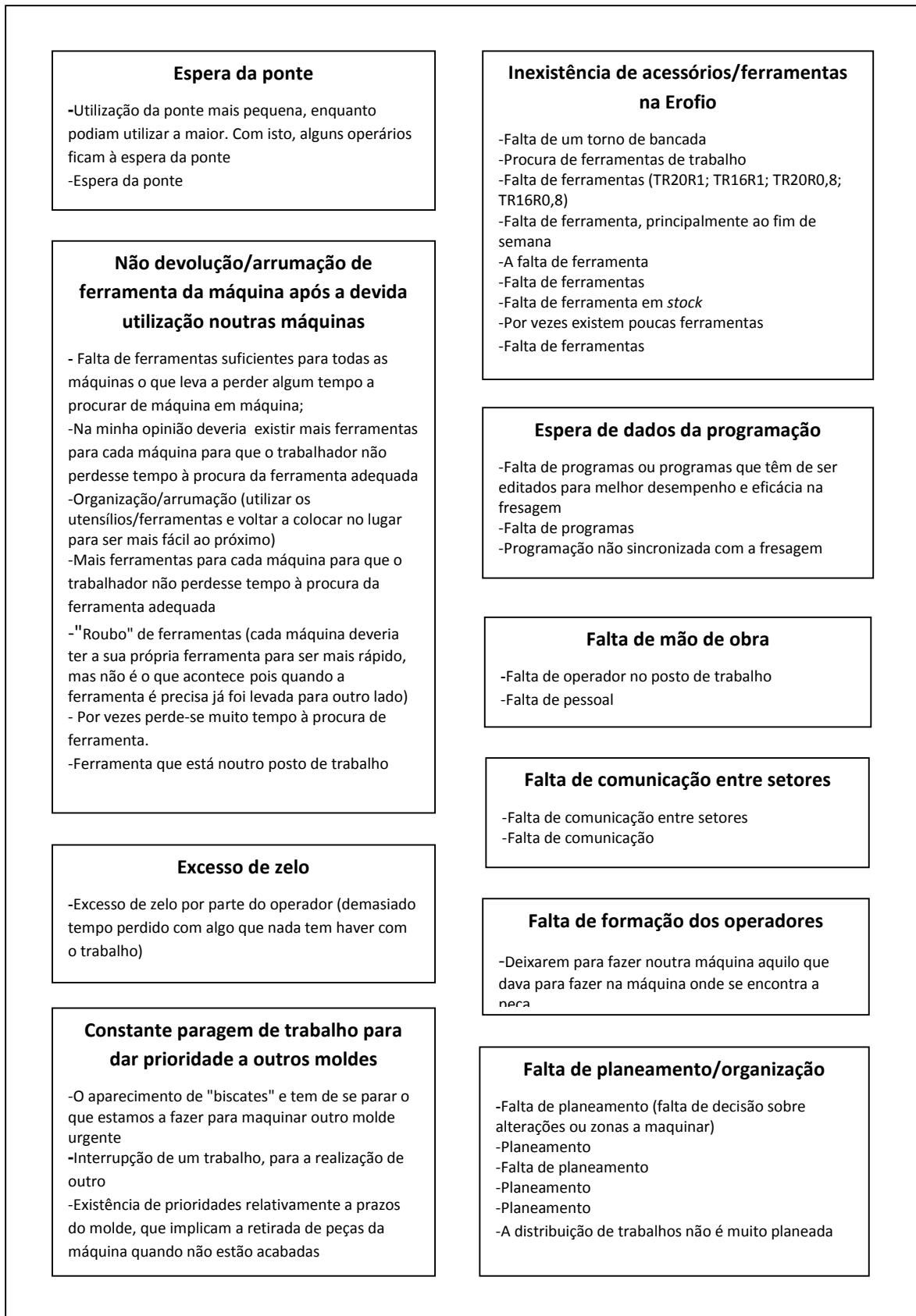


Figura 16. Diagrama KJ das respostas na secção da fresagem

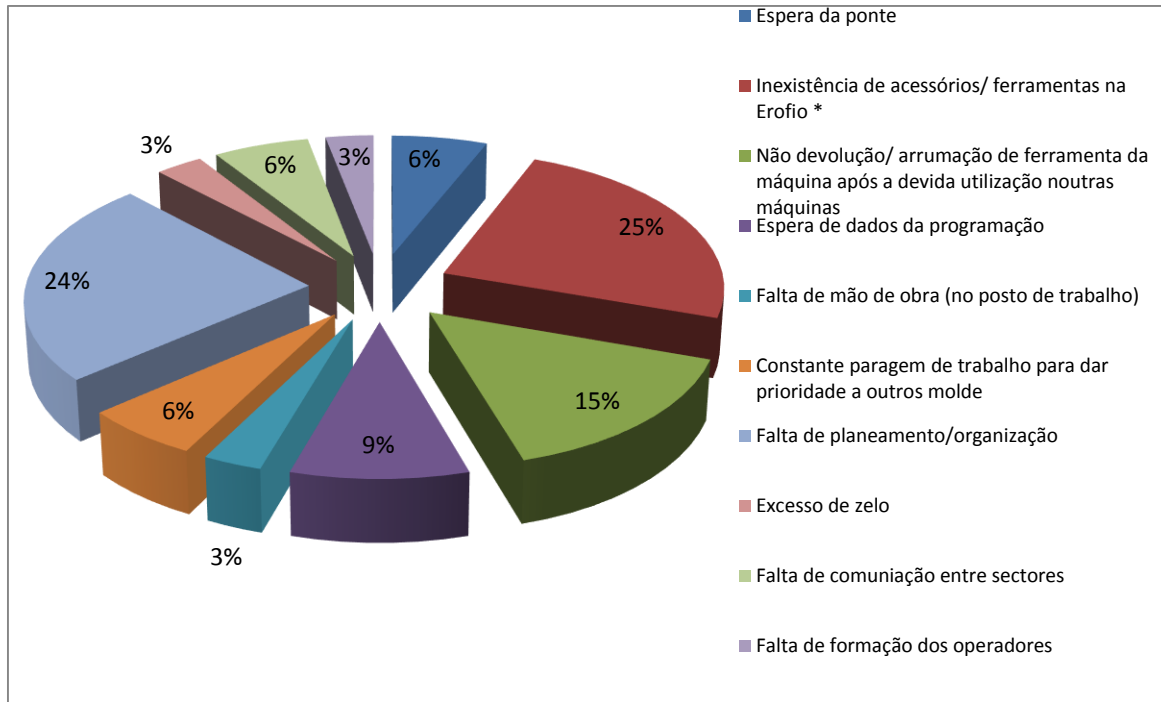


Figura 17. Causas de paragem referente à fresagem (%)

Para a causa “Inexistência de acessórios/ferramentas na Eroflo” foram registadas as seguintes faltas: torno de bancada e rocas TR20R1; TR16R1; TR20R0,8; TR16R0,8.

Constatou-se que as causas mais referidas foram “Inexistência de acessórios/ferramentas na Eroflo” e “Falta de planeamento/organização”, que representam quase metade das opiniões obtidas, 15% para a causa “Não devolução/arrumação de ferramenta da máquina após a devida utilização noutras máquinas” e 9% para “Espera de dados da programação”. Estes quatro fatores correspondem a quase 75% das opiniões sobre as causas de paragens do processo de fabrico de um molde, o que indica que merecem uma especial atenção com o objetivo de as eliminar, ou, pelo menos, reduzir.

4.2.1.2 QUESTIONÁRIO 2

A fase seguinte deste processo foi o tratamento das categorias baseado na metodologia da Escala de *Likert*, em que neste caso os operadores tiveram de classificar cada causa de paragem, indicadas em tabela (ver anexo M), quanto à sua frequência. As respostas dadas foram numa escala entre 1 e 5, sendo que 1 é não muito frequente, 2 é não frequente, 3 é não se aplica, 4 é frequente e 5 muito frequente. Os resultados irão ser a base da análise de dados.

Os operadores que contribuíram na primeira fase também responderam nesta etapa. Deste modo, o número de respostas obtidas foi o seguinte:

Tabela 14. Número de questionários recolhidos por secção

Bancada	10
Erosão	5
Fresagem	17
Apoio	5

É importante explicar que a retificação não está presente, visto que devido à natureza das respostas (ambas foram iguais na identificação de material em excesso para execução do trabalho) e, por este motivo, não é exequível a continuação para a segunda fase de questionários.

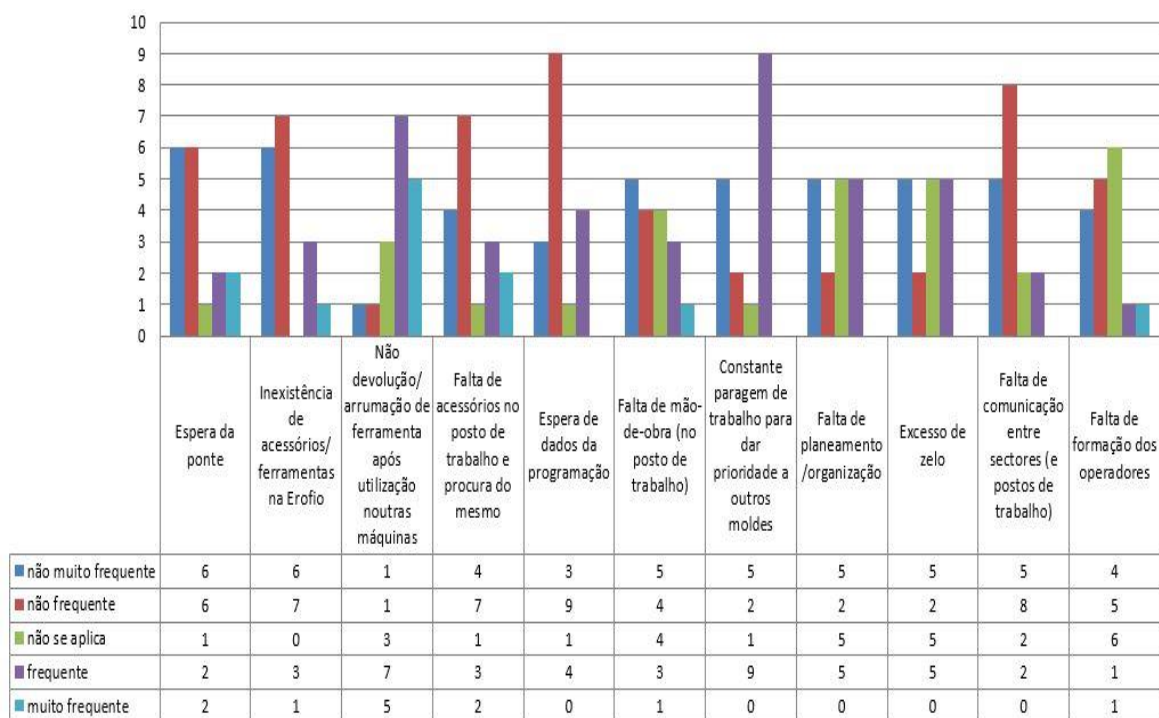


Figura 18. Frequência das causas de paragens – Fresagem

Depois de decompostos os dados do primeiro questionário apresentados no ponto anterior, passou-se para a análise dos resultados finais. No anexo N está presente o resultado às demais secções e que se aconselha a ver. Neste âmbito, foram estudadas as causas avaliadas (por 5 ou mais operadores) como frequentes e muito frequentes, que se passam a salientar:

- “Não devolução/arrumação de ferramenta da máquina após a devida utilização noutras máquinas”;
- “Constante paragem de trabalho para dar prioridade a outros moldes”;
- “Falta de planeamento/organização”.

Comparando as causas detetadas com os tempos de espera contabilizados aquando do levantamento dos dados para a elaboração do VSM já apresentado, temos que na primeira situação foi apurado um tempo de espera de 11 minutos. Já para a “Constante paragem de trabalho para dar prioridade a outros moldes”, foi registado o valor de 10559 minutos, equivalente a 176 horas. Para a terceira lacuna “Falta de planeamento/organização”, foram identificados 177 minutos de espera, cerca de 3 horas. Por outro lado, apesar de não ter sido referido (uma vez que só foi avaliado por 4 operadores como causa frequente), é importante não ignorar a “Espera de dados da programação”, com 43 minutos de espera.

É interessante constatar que há uma substituição entre uma das quatro causas apuradas no primeiro e segundo questionário (“Inexistência de acessórios/ferramentas na Eroflo” para “Constante paragem de trabalho para dar prioridade a outros moldes”, respetivamente).

Além do VSM, também foram analisados os postos de trabalho, aleatória e individualmente, como detalhado no ponto 4.3, e que é relevante salientar neste tópico. Em síntese, e ainda na secção fresagem, foram somados os seguintes tempos de espera em 7 máquinas para as quatro causas já assinaladas:

Tabela 15. Valores obtidos na secção fresagem na análise dos tempos

Causa	Tempo de espera
“Não devolução / arrumação de ferramenta da máquina após a devida utilização noutras máquinas”	~1 hora
“Constante paragem de trabalho para dar prioridade a outros moldes”	34 min 30 s
“Falta de planeamento / organização”	2 horas 8 min 30 s
“Espera de dados da programação”	~2 horas

Posto isto, e para a secção de fresagem em concreto, vai ser trabalhado, com vista na redução, a “Não devolução/arrumação de ferramenta da máquina após a devida utilização noutras máquinas”. Os outros três tópicos relacionam-se com o planeamento e

programação, temas que já foram anteriormente discutidos no presente relatório (consultar ponto 4.1.2.).

4.2.2. PROPOSTA DE MELHORIA E IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES

4.2.2.1 PROBLEMA DAS FERRAMENTAS/ACESSÓRIOS

Desde que foi iniciado este caso de estudo, começando pela observação da produção para compreender todo o processo de fabrico que um molde engloba (como o caminho que os seus componentes efetuam), foi perceptível que os operadores despendiam algum tempo na procura de ferramentas e acessórios, que são partilhados por toda a secção.

Posteriormente a alguma análise visual e diálogo com os operadores, foi notável que uma dificuldade acontecia no acompanhamento das ferramentas. Como consequência, os operadores interessados num instrumento em particular tinham de percorrer posto a posto de trabalho e respetivas máquinas na expectativa de encontrar o pretendido. De acrescentar que, sendo uma secção em regime de turnos, tornava este controlo ainda mais complexo, uma vez que as ferramentas e acessórios eram movimentados ao longo do turno e os seguintes operadores tinham maiores dificuldades em perceber o rasto dos objetos.

Com esta lacuna identificada, e após várias conversas com o responsável da secção em particular, a primeira medida a ser tomada foi a identificação das ferramentas mais propícias a serem partilhadas. Se não estivessem devidamente acomodadas, era feita uma melhoria nesse sentido. Depois da exaustiva identificação realizada, foram anexados às respetivas caixas uma folha plastificada que contém uma tabela com as ferramentas discriminadas e uma coluna com a máquina requisitante (exemplo na Figura 19). Uma vez que todos os operadores possuem numa caneta permanente e removedor desta tinta, esta ação pretende ser prática e eficaz.



Figura 19. Arrumação e identificação das brocas de refrigeração interna

Outro tipo de identificação feita, como pode ser visto na figura seguinte, tem um conceito inverso. Ou seja, em vez de ter todas as ferramentas identificadas em que o propósito é a escrita do número da máquina para onde foi levada, foi criada uma tabela em que a primeira coluna tem discriminadas as máquinas e o objetivo é que na coluna da direita escrevam quais as ferramentas levadas. Uma vez que neste caso há muitas ferramentas diferentes a serem retiradas, esta foi a maneira mais prática encontrada para atingir a finalidade pretendida.

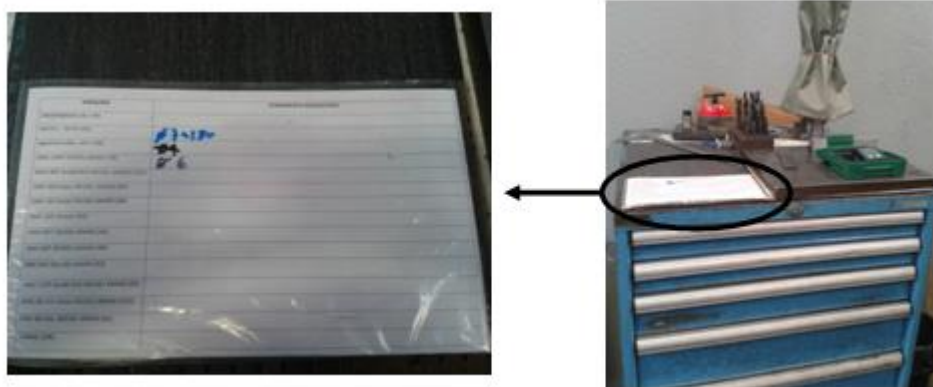


Figura 20. Exemplo de rastreamento de ferramentas contidas num armário

Ainda recorrendo às respostas obtidas nos inquéritos, foi alvo de análise as ferramentas e acessórios referidos como “em falta”. O primeiro passo foi uma discussão com o responsável por atribuir o material necessário para as maquinações. Depois, foi realizado um levantamento das ferramentas de corte para as fresadoras CNC, nomeadamente das TR16R1, TR20R1 e TR35R1:

Tabela 16. Rocas existentes na fresagem CNC

	TR16R1	TR20R1	TR35R1
DMC 65V	1	1	1
DMU 80 eVo (92)	2	2	2
DMU 60T	1	1	-
DMU 80 eVo (102)	1	2	2
DMU 80T	1	1	2
DMU 125 P	1	2	1
DMF 260 linear	2	2	2
DMF 360 linear	2	1	2
DMC 105 V	1	2	2
DMU 80P duoBlock	2	2	2
DMU 200P	2	3	3
MIKRON	3	3	-

Como é visível na Tabela 16, para cumprir o compromisso de cada máquina possuir, pelo menos, 2 rocas de acabamento de cada categoria, é perceptível que há máquinas que não satisfazem este requisito. Como se pode deduzir, esta falta motivava a existência de tempos de espera, aquando da movimentação dos operadores a outras máquinas para procura e recolha das ferramentas pretendidas. Portanto, para evitar estes tempos perdidos, foram adquiridas estas ferramentas para que cada máquina cumpra as condições iniciais. Esta melhoria, com a aquisição de três TR16R1, três TR20R1 e duas TR35R1, teve um investimento de 1200€, sendo que individualmente o preço é de 150€.

Foi também colocado um torno na secção da fresagem CNC, evitando um desperdício de movimentações. Neste caso, não se considera nenhum investimento uma vez que o torno já existia na Erofio, mas não estava montado e consequentemente em utilização.



Figura 21. Torno na secção fresagem CNC

4.3. ESTUDO DOS TEMPOS

4.3.1. LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO INICIAL

As primeiras ações a serem efetuadas no início deste projeto fixaram-se na medição e análise detalhada dos métodos de trabalho em alguns postos de trabalho, concretamente da secção de fresagem, erosão e apoio. Para tal, foi utilizado a metodologia AV/EV através do estudo dos tempos, sendo que todas as atividades realizadas foram devidamente registadas. Os valores foram recolhidos através de um relógio e junto da máquina onde decorria a maquinação.

Ao analisar o procedimento usado por cada operador, o objetivo focou-se na distinção de três categorias. A primeira, o tempo de valor acrescentado. Segue-se o tempo de *setup* e por último o tempo de espera. Estes tempos já foram caracterizados no ponto 4.1.1. e é aconselhado uma nova leitura para consolidar estes conceitos.

Embora o tempo de permanência na empresa não se cinja unicamente ao registo temporal das atividades, é expectável que seja alvo de estudo e intervenção a otimização de tempos no que respeita à mudança das peças. Isto é, redução do tempo de *setup* e de espera, ou preferencialmente neste último caso, a sua eliminação. Após muitas horas de observação e diálogo com os operadores cuja finalidade foi ficar a conhecer a metodologia usada e como se desencadeia o processo em concreto, foram perceptíveis algumas lacunas no decorrer das operações:

- A mudança de uma peça implica um certo número de ferramentas e acessórios. Notou-se que não existe um pré planeamento sólido (falta de sincronização com a programação CNC, uma vez que é a partir dos programas concluídos que se sabe quais as ferramentas a usar para as operações), o que faz com que se perca muito tempo a preparar o trabalho e a recolher ferramentas de trabalho. Esta falha despoletou vários procedimentos que podiam ser realizados aquando da máquina ainda em funções tais como: deslocação para recolha de ferramentas e acessórios que são essenciais à mudança da peça e limpezas, arrumação de material e ferramentas antes de finalizar a operação de maquinação. Analisando este tempo de espera, que nos 25 dias de observação a 8 máquinas foi de cerca 60 minutos, e multiplicando pelos dias úteis durante um ano (300 dias) temos presumivelmente 30 horas por ano, na secção fresagem por inteiro.

- Por vezes, verifica-se o transporte da peça para as respetivas zonas de peças acabadas. Devido à ausência do operador, a máquina continua parada.
- Quando há necessidade de mudança de peça, os operadores utilizam a memória como manual de procedimento, e por isso, por vezes não é conseguida a melhor sequência de mudança em termos de poupança de tempo.
- O tempo usado para aperto, ajuste e subsequente desaperto das peças à máquina representam uma razoável percentagem de duração, uma vez que cada peça tem as suas dimensões e não é possível *estandardizar* estas atividades.

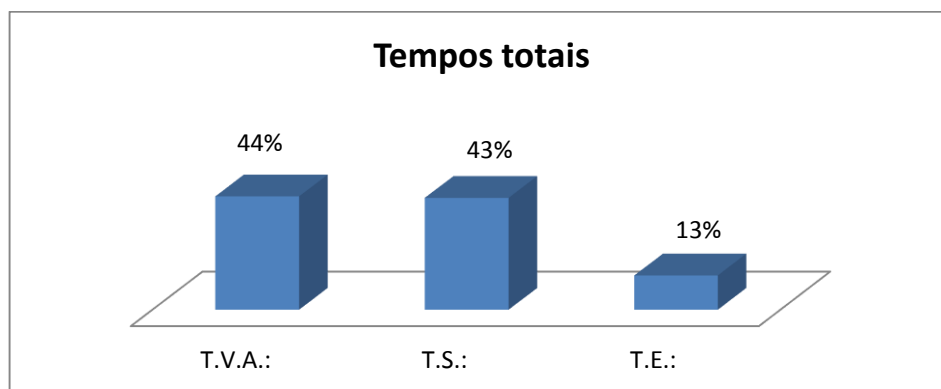


Figura 22. Tempos totais na fresagem CNC antes das implementações propostas

Para analisar os tempos individuais, recolhidos em cada máquina, consultar o anexo O.

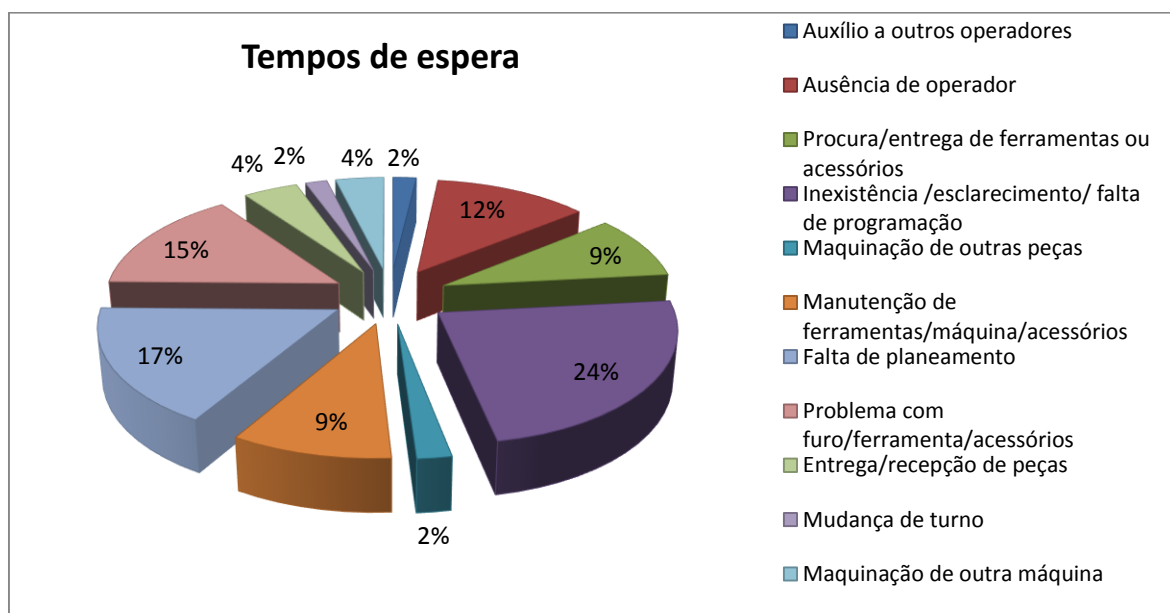


Figura 23. Análise aos tempos de espera observados na fresagem CNC

O período de observação antes das implementações propostas foi do dia 24 de setembro a 19 de dezembro. No anexo P está a análise igualmente feita para a secção da erosão.

4.3.2. PROPOSTA DE MELHORIA E IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES

4.3.2.1 SISTEMA DE PALETIZAÇÃO

Um parafuso é um mecanismo de fixação bastante comum, mas a sua utilização pode consumir uma percentagem de tempo muito elevada. Para exemplificar esta constatação, surge um parafuso com 15 fios de rosca que deve ser girado 14 vezes antes que seja realmente apertado no último giro. Na prática, este último aperto é o que fixa e solta as peças, os outros 14 são considerados movimentos supérfluos. Na tentativa de melhoria da eficiência, os parafusos poderiam ser substituídos por fixadores funcionais de um único aperto. Ou, ideal e utopicamente, eliminar quaisquer tipos de fixação.

Supondo que os fixadores são sempre necessários, há no mercado vários sistemas de afixação, seja por aperto manual ou automático. No primeiro caso, existem os grampos de aperto manual e o sistema de baioneta. Já as garras hidráulicas, prensas e as mesas magnéticas são consideradas apertos automáticos (Centimfe, 2003b). Ambos os sistemas, assim como qualquer mecanismo de ligação, têm como intuito reduzir o tempo de *setup*. Daí surgir a proposta do sistema de paletes (nomeadamente prensas e mesas magnéticas), também conhecido por utilização de dispositivos intermediários, que se centra na premissa de redução de tempos desnecessários.

Estas implementações têm como propósito a preparação do próximo trabalho (fixação e centramento) enquanto a peça atual está a ser maquinada. Aquando do término de um trabalho, a tarefa a realizar é a substituição da mesa, reduzindo substancialmente os tempos de remoção da peça antiga e colocação da nova, com todas as atividades que estas ações envolvem.

O estudo apresentado foi feito numa máquina de cinco eixos pertencente à fresagem CNC e que suporta este tipo de fixações. Na primeira observação feita, as peças a maquinar foram colocadas na mesa cujo sistema de fixação é com parafusos e barras. Os resultados são os seguintes:

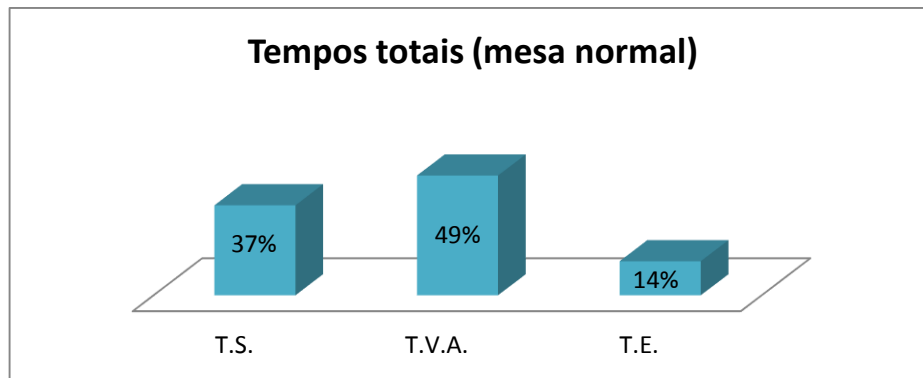


Figura 24. Resultado dos tempos totais com a mesa normal

Mais tarde, após aquisição de uma mesa com prensa incorporada, foram analisadas novas peças, na mesma quantidade e com configurações semelhantes, visto que iguais não foi possível. Neste contexto, os resultados apreendidos foram:

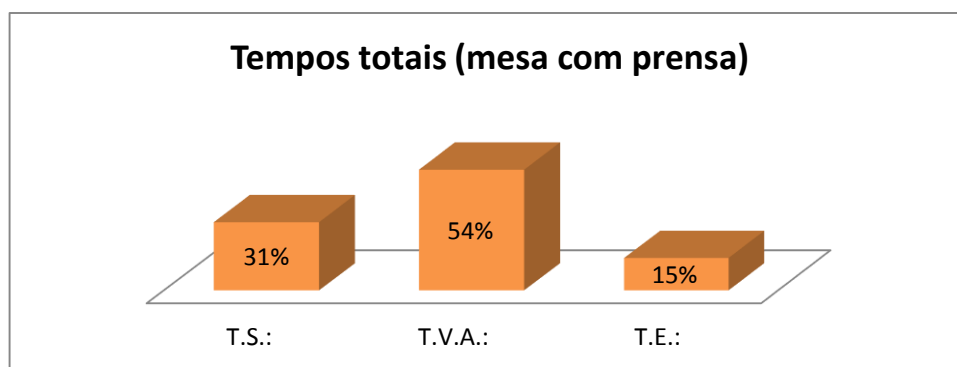


Figura 25. Resultado dos tempos totais com a mesa com prensa

Como seria de esperar, devido às características desta fixação, o tempo de *setup* baixa 6 pontos percentuais em relação à mesa considerada normal. Isto acontece, devido à fixação não contemplar parafusos nem outros acessórios, apenas é necessário fazer o desempenho (colocação da peça paralela ao eixo de trabalho pretendido) da mesa e centramento da peça.

Em última análise, foi dado ênfase a outro tipo de mesa, a magnética. Nas mesmas condições que as comparações anteriores, são apresentados os valores na figura abaixo:

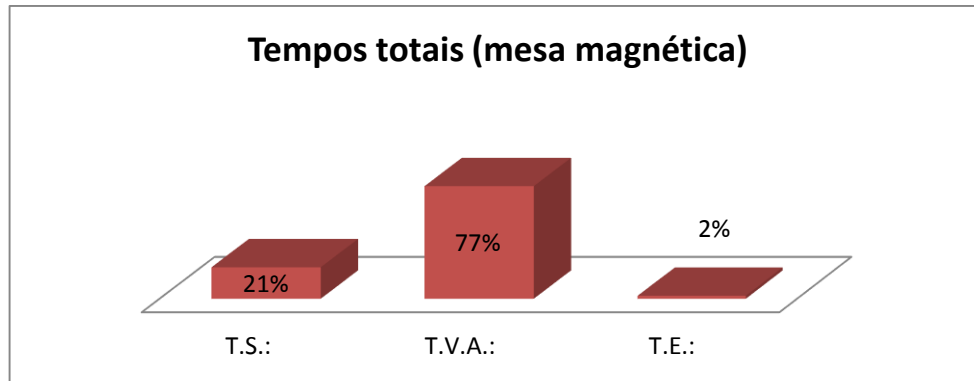


Figura 26. Resultado dos tempos totais com a mesa magnética

Os tempos de *setup* requeridos para maquinar as peças neste tipo de mesas são o desempenho e o centramento, mas devido à natureza da aplicação das peças, o tempo destas atividades é reduzido. Outra vantagem é o melhoramento das condições e velocidade de trabalho da programação do aço, visto que com esta mesa não se tem de ter em consideração as barras e parafusos de suporte, podendo programar a peça de forma mais eficiente.

As desvantagens percebidas são as limitações dos trabalhos a executar nas peças (por exemplo, os furos passantes não podem ser feitos com as peças nas mesas) e consequentemente das máquinas (máquinas com grandes mesas de trabalho permitem a preparação do trabalho seguinte enquanto se maquina outra peça). Ou seja, é imprescindível que seja feito um planeamento das maquinações a executar nas peças e adaptar às características das máquinas.

Pelas figuras acima apresentadas, as reduções do tempo de *setup* são evidentes. Apesar da comparação com peças diferentes (que pode influenciar ligeiramente os valores), o objetivo de evidenciar os ganhos com a utilização destas mesas é incontestável.

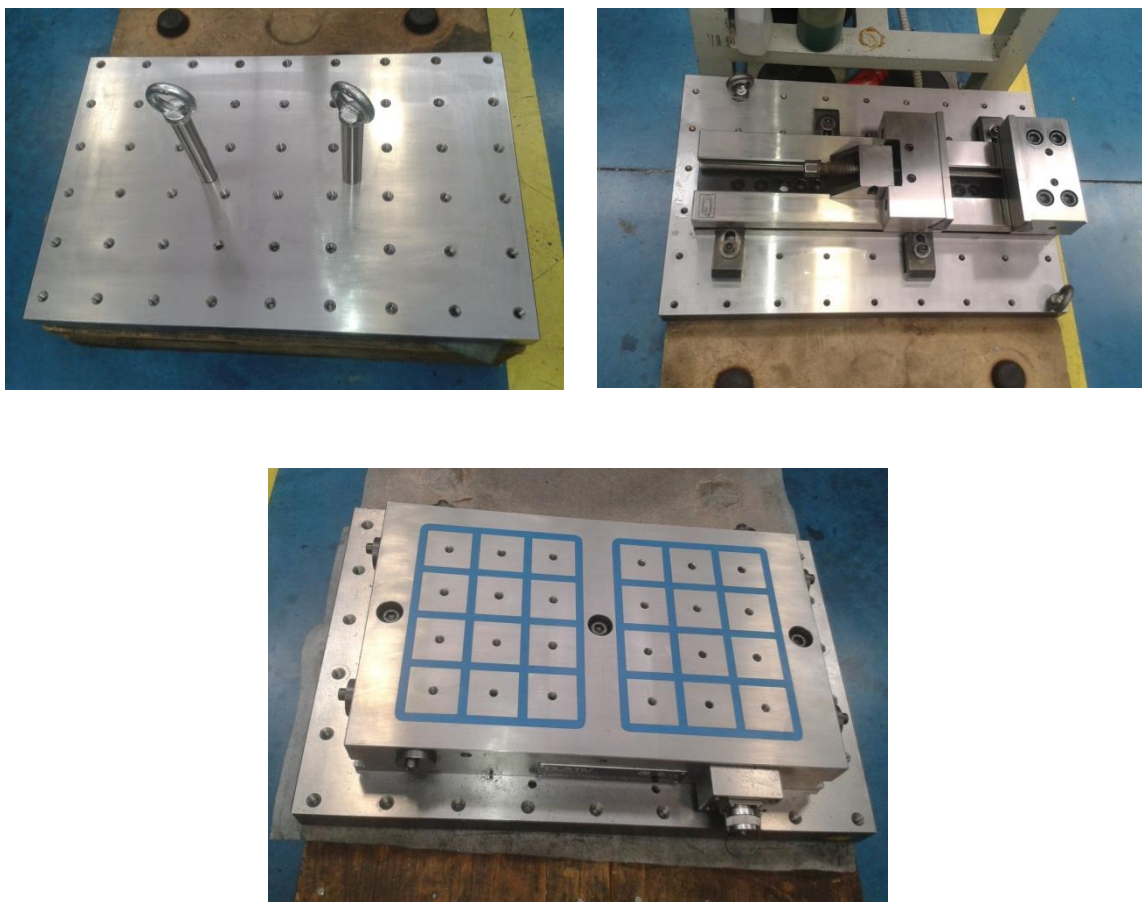


Figura 27. Mesa normal, mesa com prensa e mesa magnética (ordenado de cima à esquerda, direita e baixo, respetivamente)

4.3.2.2 MESA MAGNÉTICA DA MÁQUINA DE FURAÇÃO

Ao longo do estágio, das observações e interlocuções com os operadores e responsáveis pela produção, foi notável a presença de uma oportunidade de melhoria numa máquina de furação rápida. Apesar das inovações que esta máquina revolucionou na Erofió, a maquinação das peças era feita de duas em duas faces, devido à mesa ser baixa. Por este facto, constatou-se que era consumido muito tempo na preparação de uma peça e, mais tarde, com a troca de posição da mesma, incrementando os valores de *setup* consideravelmente.



Figura 28. Mesa com os parafusos e barras de fixação

Para melhor interpretação deste problema, foram feitas análises aos tempos de trabalho que duas peças consumiram, resultando no seguinte gráfico:

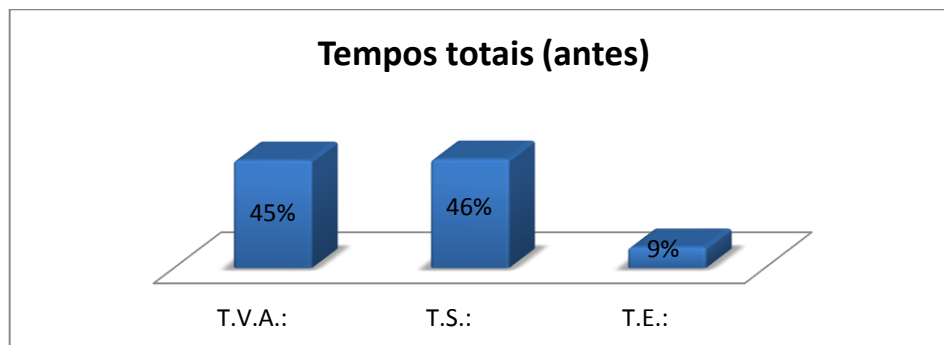


Figura 29. Resultado dos tempos totais inicialmente

Como já era de supor, os tempos de *setup* são demasiado elevados para o contexto em que a empresa deve operar, correspondendo a perdas consideráveis de preparação, posicionamento, desempenho e centramento da peça, que são feitos duplicadamente. Este facto acaba por camuflar a boa *performance* com que a máquina consegue operar, como depreendido pelos valores de 45% e 46% para o tempo de valor acrescentado e de *setup*, respetivamente.

Com o objetivo de melhorar este panorama, foi proposto um investimento de uma mesa magnética para fixação da peça e consequente eliminação dos parafusos e todos os acessórios necessários. Desta forma, a peça já pode ser maquinada a 360° (as quatro

faces com o mesmo posicionamento) e não apenas 180°, como estava destinada. Após diálogo com os responsáveis, houve um investimento numa mesa magnética (5 000€) e num bloco de aço para fazer altura (1 000€). Foi necessário fazer maquinação desse bloco, que consumiu 10 horas de trabalho e a 35€ por cada hora, perfiz a quantia de 6 350€.

Depois da aplicação executada, foi feita uma nova análise para ver os valores que a maquinação consumiu, como se pode ver na Figura 30. Na impossibilidade de fazer a analogia com peças iguais, uma vez que as peças são únicas, foi analisado o mesmo número de componentes com uma configuração e maquinação similar para obter os resultados mais viáveis possíveis.

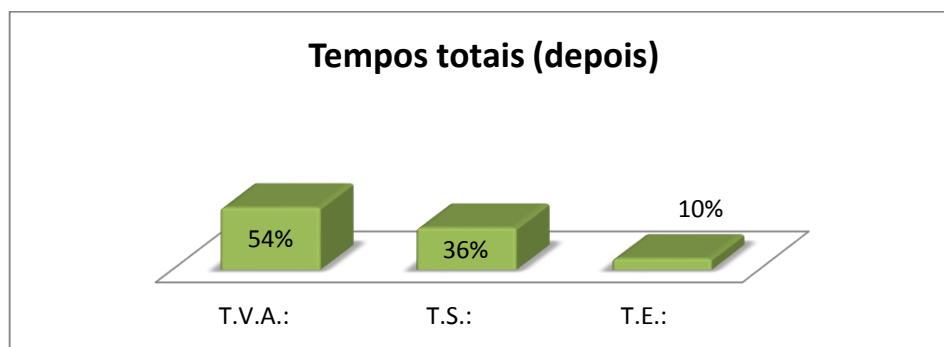


Figura 30. Resultado dos tempos totais após implementação do proposto

Neste ponto, é importante dar relevo às melhorias observadas com a implementação de um bloco e mesa magnética:

- ✓ Redução do tempo de *setup*;
- ✓ Maior flexibilidade de programar as peças: a peça conseguir rodar 360° garante muito mais aproveitamento aquando da execução dos programas e otimização e utilização das ferramentas;
- ✓ Eliminação dos tempos de mudança de posição da peça na máquina;
- ✓ Maior rendimento das ferramentas, ou seja, uma ferramenta machuca numa operação as faces pretendidas, evitando que a mesma seja usada por duas vezes não consecutivas (isto é, evita a maquinação de 2 faces em 2 faces).

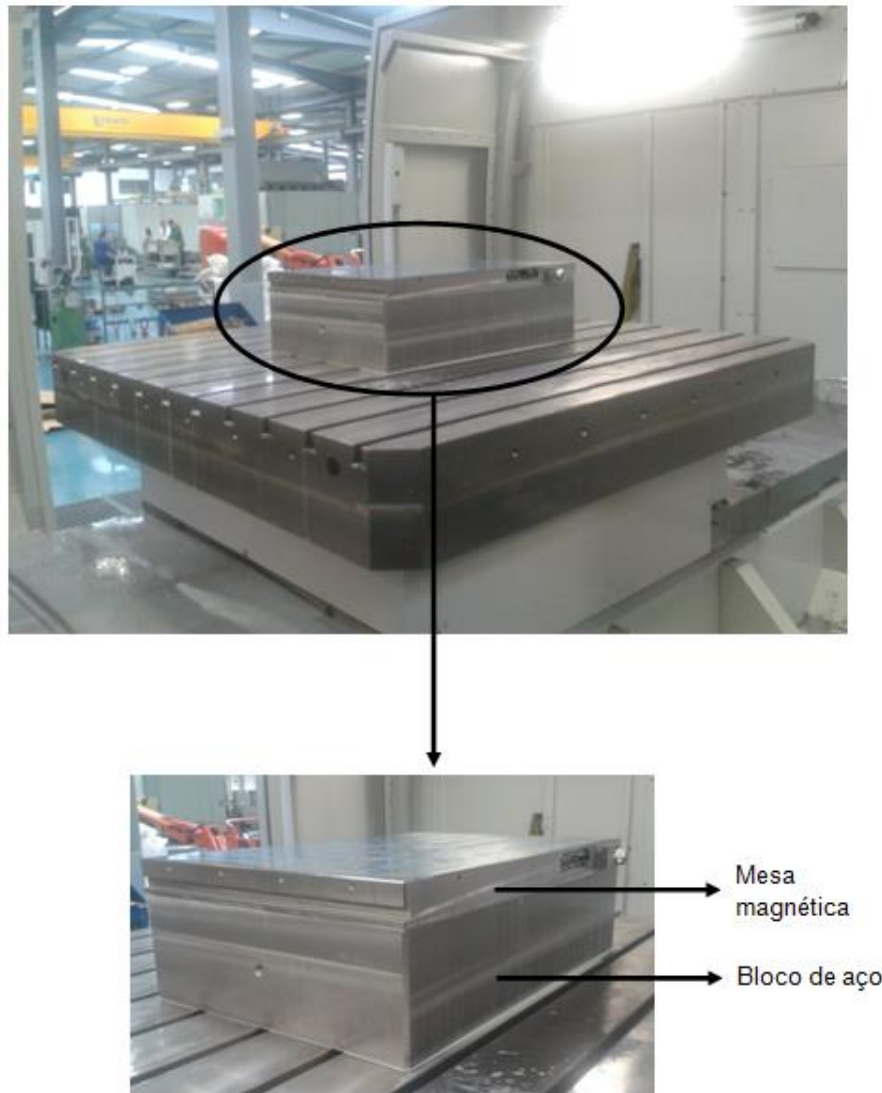


Figura 31. Vista da mesa da máquina já com as implementações feitas

Para saber quanto tempo vai demorar a recuperar este investimento, é preciso conhecer, através dos dados recolhidos, o tempo de *setup* que foi poupado com esta mudança. Tempo esse correspondente a 2h20m, referente a duas peças. Considera-se que, em média, uma troca de peça acontece de dois em dois dias e pelos dados obtidos poupa-se 1h10m em tempo de *setup* por componente. A 35€ por hora de trabalho do operador, prevê-se que em 360 dias o investimento esteja pago. Se em vez de analisar por dias, também podemos examinar por número de trocas de peças, que nesta indústria se adequa mais. Nesta perspetiva, após 180 trocas de peças, o valor investido (6 350€) é amortizado.

5. CONCLUSÃO

5.1. REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO

Desde 1990, aquando da fundação da Erofio S.A., se tem trabalhado diariamente para atingir o mérito que hoje a distingue. A qualidade e prazos dos produtos que oferece coloca esta empresa com destaque perante o mercado e a concorrência que a envolve. É, portanto, fulcral a continuidade em projetos que promovam um esforço para melhorar o desempenho e claro, redução de desperdícios, que resultará na diminuição de custos.

É por estas motivações que surgiu o presente desafio, com a finalidade de implementação de técnicas *Lean* e *Kaizen* na indústria de moldes, representada pela Erofio S.A.. Desde o início do estágio que a referida empresa se mostrou disponível para novas ideias e mudanças, discutindo-as de forma construtiva em prol do benefício de toda a organização. É evidente que ao longo destes meses muitas dificuldades foram surgindo, como os elevados investimentos que são requeridos para fazer algumas mudanças e o conhecimento que foi necessário ter sobre a indústria de moldes para promover mais ações de melhorias.

No que concerne ao trabalho desenvolvido, este foi essencialmente marcado por quatro grandes iniciativas: implementação dos 5S; exaustiva elaboração de um *Value Stream Mapping* de um molde; determinação, através dos operadores, das principais causas de paragens de um molde e, por último, mas muito importante, observação e análise crítica dos tempos de trabalho que os operadores empregavam.

Um estudo passou pela análise de uma máquina de furação e de como era efetuada a troca das peças a maquinar, permitindo assim identificar e perceber as dificuldades existentes e, a partir daí, trabalhá-las. Com a aplicação de um bloco de aço e uma mesa magnética foi possível reduzir 10% dos tempos gerais de *setup*. Ou seja, por cada peça maquinada, prevê-se uma poupança de uma hora em tempos de *setup*. Deste modo, a máquina alvo de estudo está apta a maquinar mais peças do que o originalmente alcançado.

Outra análise feita incidiu sobre o uso de paletes normais, com prensa ou magnéticas em detrimento da utilização da mesa incluída na máquina. Os resultados são avassaladores (37%, 31%, 21% e 43%, respetivamente) em termos de tempos de *setup*, o que indica que é um bom investimento nestas paletes. Como desvantagem, nem todos os trabalhos são

passíveis de serem executados nestas mesas, o que fez não avançar imediatamente este investimento para todas as máquinas, mas somente em duas.

Respeitante às implementações sob orientação 5S, estas permitiram melhorar vários aspetos em termos de arrumação, limpeza, organização e identificação de alguns locais da fábrica e de postos de trabalho. Com este projeto ficou mais simples a identificação de ferramentas e outros utensílios que são usados no dia-a-dia assim como a sua utilização e arrumação. Foi dado especial ênfase ao investimento e à arrumação de ferramentas e acessórios, visto ter sido uma causa apontada pelos operadores como motivo de espera para execução dos trabalhos. A fim da concretização e manutenção desta técnica, as iniciativas foram realizadas em parceria com os colaboradores, proporcionando um sentido de envolvimento no processo, esclarecendo as dúvidas e mostrando as vantagens do que estava a ser implementado.

Em suma, pode-se afirmar que os objetivos estabelecidos foram seguramente alcançados e, particularmente, contribuíram para que a primeira experiência profissional fosse um acontecimento jamais esquecido. Este desafio promoveu uma articulação entre o meio académico e o profissional, exigindo uma interligação entre as unidades curriculares frequentadas e os conhecimentos da indústria de moldes, indispensáveis para o meu percurso profissional futuro.

5.2. PROPOSTAS PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Com o objetivo de continuar a otimizar a Erofio S.A., são expostas quatro ideias que merecem especial atenção:

1. **Continuação do projeto de aplicação da metodologia 5S e SMED:** Ambas apresentam potenciais benefícios, que com o investimento em recursos humanos, materiais e de tempo, irão fazer com que esses projetos proporcionem ainda mais vantagens à empresa, tornando-a mais competitiva.
2. **Dimensionar adequadamente a capacidade produtiva da Erofio S.A.:** Torna-se essencial para que seja possível cumprir os objetivos internos e dos clientes. O controlo da capacidade é tão importante quanto o planeamento da produção uma vez que envolve as entradas e saídas da produção, permitindo o cumprimento das ordens. É necessário ter a informação sobre a capacidade produtiva real das linhas para que se possa desenvolver um sistema de planeamento realista e, acima de tudo, eficaz.

3. **Recursos humanos no setor programação:** A falta de sincronização entre o setor da programação de aço e elétrodos com as subsequentes operações, corresponde a tempos de espera e de *setup* que poderiam ser evitados. É a partir da programação que as atividades a jusante podem maquinar (nomeadamente a fresagem CNC e erosão por penetração) e, além disso, as ferramentas a usar são de acordo com o estabelecido na operação em causa.
4. **Recursos humanos no planeamento:** É importante ter responsáveis que consigam conduzir todos os processamentos de forma eficaz e permanentemente. Verificou-se que os recursos humanos com estas duas competências são insuficientes para responder às crescentes necessidades da empresa. Torna-se, então, vital referir que o investimento humano para reforçar o planeamento traduzir-se-á em ganhos consideráveis, tornando o fluxo de produção mais contínuo e controlado, necessidades que se sentiram ao longo do estágio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andraschko, F. R. (2005). Avaliação do perfil das indústrias produtoras de alimentos na cidade de Ponta Grossa: implantação e manutenção da ferramenta 5S. Pós-graduação em administração estratégica e gestão da qualidade, Curitiba.

Basu, R. (2011). *Fit Sigma : A Lean Approach to Building Sustainable Quality Beyond Six Sigma*. Editado por Peter Walton. Wiley: Hoboken NJ, USA.

Battaglia, D. e Bergamo, E. (2010). Análise de valor e engenharia de valor: uma ferramenta de redução de custos em um projeto. P&D em Engenharia de Produção, Itajubá, volume 8, 3º número, p. 102-115

CEFAMOL (1995). Manual de procedimentos para a indústria de moldes.

Centimfe – Centro tecnológico da indústria de moldes, Ferramentas especiais e Plásticos. (2003a) Manual do projetista para moldes de injeção de plástico. Moldes na indústria de transformação. Volume 1. ISBN 972-98872-1-7

Centimfe – Centro tecnológico da indústria de moldes, Ferramentas especiais e Plásticos. (2003b) Manual do projetista para moldes de injeção de plástico. Moldes na indústria de transformação. Volume 3. ISBN 972-98872-1-7

Chase, R. B., Jacobs, F. R. e Aquilano, N. J., (2006). Operations management for competitive advantage with global cases. McGraw Hill International Edition.

Coimbra, E. A. (2009). *Total Management Flow: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.

Dennis, P. (2008). *Produção Lean simplificada*. Bookman.

Diaz, R. e Ardalan, A. (2009). *An Analysis of Dual-Kanban Just-In-Time Systems in a Non-Repetitive Environment*. Production and Operations Management. vol. 19, nº 2.

Dilworth, J. B. (1999). *Operations Management: Providing value in goods and services*. South-Western Pub. 3ª edição. ISBN 0030262070

Faria, C. C. (sem data). InfoEscola Serviços em Informática Ltda [online]. Disponível em http://www.infoescola.com/administracao_/diagrama-de-afinidades/ [acedido de 2 a 6 de fevereiro]

Hirano, H. (1996). *5S for operators: 5 pillars of the visual workplace*. Productivity press. Portland ISBN-13: 9781563271236

Imai, M. (1996). *Gemba Kaizen*, Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, São Paulo.

Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: a commonsense low-cost approach to management*. New York: McGraw-Hill. XXX.

Kite (sem data). OEE na prática [online]. Disponível em <http://www.kitemes.com.br/ebook-oe-pratica/> [acedido de 23 de setembro a 17 de outubro]

Marques, C. (2007). Erofio implementa novo *software* de apoio à produção. Inovação | Moldes e Plásticos [online]. (Artigo publicado na Revista 250 Maiores Empresas do Distrito de Leiria, editada pelo Jornal de Leiria, distribuída com a edição de 22/11/2007 do semanário e de 24/11/2007 do Público) Disponível em <http://www.leiriaeconomica.com/item2796.htm>. [Acedido de 23 de setembro a 14 de outubro]

Matias, J. C. O. e Azevedo, S. G. (2014) Estudos de caso em Engenharia e Gestão Industrial. 1ª edição. Sílabas & Desafios. ISBN 978-989-99114-2-0

Método KJ (1999). Sociedade Portuguesa de Inovação [online]. Princípiia. Disponível em: http://www.spi.pt/documents/books/inovint/iq/conteudo_integral/acesso_conteudo_integral/capitulo4_texto/capitulo4_3_texto/capitulo4_3_5_texto/acc4_3_5_texto_apresentacao.htm [acedido a 2 de fevereiro 2014]

Monden, Y. (1983). *Toyota production system: practical approach to production management*. Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers Norcross, GA.

Nash, M. A. e Poling, S. R. (2011). *Mapping the total value stream: A comprehensive guide for production and transactional processes*. CRC Press

Pereira, A. D. (2012a). O *Value stream mapping* ao serviço da indústria de moldes: repensar os processos de fabrico. Formação especializada. CEFAMOL.

Pereira, A. D. (2012b). Técnicas de sequenciamento de atividades produtivas - indústria de moldes. Formação especializada. Formação especializada. CEFAMOL.

Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: a filosofia das organizações vencedoras*. Lidel Lisboa.

Pinto, J. P. (2013). *Gestão de operações na indústria e nos serviços*. Lidel, 3ª edição atualizada.

Shingo, Shigeo (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint (Produce What Is Needed, When It's Needed)* ISBN: 978-0915299171

Shingo, Shigeo (1996). *Quick Changeover for Operators Learning Package: Quick Changeover for Operators: The SMED System* ISBN-13: 978-1563271250

Sistema Documental da Erofio (2014)

Stevenson, W. J. e Hojati, M. (2005). *Operations management*. 8ª edição., Vol. 8. McGraw-Hill/Irwin Boston.

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., e Uchikawa, S. (1977). *Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system*. *The International Journal of Production Research*.

Vargas, Rodrigo (sem data). GestaoIndustrial.com. Lean Manufacturing: os 7 desperdícios da indústria. [online] Disponível em:

<http://www.gestaoindustrial.com/index.php/industrial/manufatura/Lean-manufacturing>.

[Acedido a 10 de fevereiro]

Womack, J. P., Jones, D. T., e Roos, D. (1990). *The Machine that Changed The World: How Lean production revolutionized the global car wars*, Simon & Schuster Ltd.

ANEXOS

ANEXO A

SIMBOLOGIA UTILIZADA NA CONSTRUÇÃO DO *VALUE STREAM MAPPING*


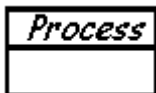



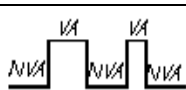




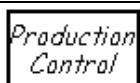


	Cliente/ fornecedor	Este ícone representa o fornecedor, quando na parte superior esquerda, o ponto de partida comum para o fluxo de material. O cliente está representado quando colocada no canto superior direito, o ponto final usual para o fluxo de material.
	Operação/ Processo	Este ícone é um processo, operação, máquina ou departamento, através do qual acontece os fluxos de materiais. Normalmente, para evitar o mapeamento de difícil controlo de cada etapa de processamento única, representa-se um departamento com um caminho de fluxo contínuo.
 Explosão <i>Kaizen</i>		Estes ícones são usados para destacar as necessidades de melhoria em termos <i>Kaizen</i> em processos específicos que são fundamentais para a realização do Futuro Mapa do estado do fluxo de valor.
	Nº de operadores	Este desenho representa o número de operadores necessários numa determinada estação de trabalho.
	Informação verbal	Este símbolo representa o fluxo de informação verbal ou pessoal.
	Linha temporal	A linha do tempo mostra os tempos de valor agregado (Ciclo) e adicionados (espera). Usa-se para calcular o tempo necessário e total tempo de ciclo.
	Verificação	Recolha de informação através de meios visuais.
	MRP/ERP	Calendarização usando MRP/ERP ou outro sistema centralizado.
	Sequência <i>Pull</i>	Este ícone representa um sistema que dá instruções sobre processos para produzir um tipo predeterminado e quantidade de produto, tipicamente uma unidade, sem o uso de um supermercado.
	Informação eletrónica	Esta seta representa o fluxo eletrónico, como intercâmbio eletrónico de dados (EDI), a Internet, Intranets, LANs (<i>Local Area Network</i>), WANs (<i>Wide Area Network</i>). Pode-se indicar a frequência de troca de informações/dados e o tipo utilizado.
	Controlo de produção	Esta caixa representa uma programação de produção central ou controlo de departamento, pessoa ou operação.
 Embarque externo		Os embarques de fornecedores ou para os clientes que utilizam o transporte externo.
	Seta <i>Push</i>	Este ícone representa o "empurrar" de material de um processo para o próximo. "Empurrar" significa que um processo produz algo, independentemente das necessidades imediatas a jusante.

Tabela adaptada de Strategos (3916 Wyandotte • Kansas City Missouri 64111 • 816-931-1414 • www.strategosinc.com ©Strategos, Inc. 2004)

ANEXO B

QUESTÕES PROPOSTAS PARA AFERIR O ÍNDICE *LEAN* DA EROFIO

Quadro 1. Indicadores gerais – Cultura organizacional

Princípios e práticas <i>Lean</i>	Nível de implementação				
	Nunca	Rara-mente	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
Todas as atividades da Erofia são orientadas com o propósito de satisfazer o cliente e as demais partes interessadas (<i>stakeholders</i>)					*
A ferramenta básica utilizada para atingir os objetivos estratégicos é a melhoria contínua					*
As metas e objetivos são claramente definidos e comunicados a todos os membros da organização				*	
O clima organizacional é não punitivo, orientado por resultados e focado nos processos				*	
É efetuada a delegação de tarefas e autoridade aos níveis hierárquicos mais baixos					*
É dinamizado o sistema de sugestões				*	
A estrutura organizacional é horizontal					*
O sistema de informação é vertical		*			

Quadro 2. Indicadores da gestão de recursos humanos

Princípios e práticas <i>Lean</i>	Nível de implementação				
	Nunca	Rara-mente	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
São disponibilizados recursos e tempo para a formação dos funcionários				*	
A mão de obra é multifuncional				*	
É efetuada a rotação dos postos de trabalho			*		
Existem equipes de trabalho pluridisciplinares		*			
São envolvidos todos os funcionários na definição de objetivos				*	
Existe um sistema formal de avaliação dos funcionários		*			
Existe um sistema formal de recompensa pelo desempenho			*		
Existe uma política de emprego a longo prazo					*

Quadro 3. Princípios e práticas associadas com os processos e controlo da produção

Princípios e práticas <i>Lean</i>	Nível de implementação				
	Nunca	Rara-mente	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
As cadeias de valor são identificadas					*
As cadeias de valor são mapeadas (VSM)			*		
É efetuada a identificação de valor/desperdício segundo a perspetiva do cliente			*		
O <i>layout</i> é orientado por produto					*
É efetuada a otimização dos <i>layouts</i> , fluxos e conexões para redução de perdas de transporte				*	
Os processos são de fluxo contínuo	*				
O fluxo é puxado (<i>pull system</i>)		*			
É utilizado o <i>Takt-time</i> como referência		*			
Os tempos de ciclo estão determinados		*			
A produção é nivelada			*		
Os processos são balanceados e sincronizados				*	
O trabalho é <i>standardizado</i>		*			
A produção é <i>one-piece-flow</i>	*				
Verifica-se a organização e arrumação dos postos de trabalho (5S)				*	
É utilizada a gestão visual				*	
O equipamento é simples e flexível					*
É efetuado o desenvolvimento da troca rápida de ferramentas e/ou redução dos tempos de <i>set-up</i>				*	
Utilizam-se sistemas antierro (<i>poka-yoke</i>)				*	
Existe automação, as máquinas são dotadas de dispositivos que detetam anomalias e param automaticamente				*	
É utilizado o sistema TPM (<i>total productive maintenance</i>)		*			

Quadro 4. Princípios e práticas associadas com os processos de melhoria contínua

Princípios e práticas <i>Lean</i>	Nível de implementação				
	Nunca	Rara-mente	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
Desenvolvem-se atividades de melhoria contínua				*	
É utilizada a metodologia PDCA				*	
São usadas técnicas de resolução de problemas				*	
É efetuada a uniformização e formalização dos métodos e procedimentos				*	
Existem grupos de melhoria contínua		*			
É efetuado o controlo estatístico do processo		*			

É utilizada a metodologia P-FMEA (análise modal de falhas e seus efeitos)			*		
É efetuada a análise dos problemas no chão de fábrica				*	
É utilizado o sistema <i>Total Quality management</i>				*	

Quadro 5. Princípios e práticas associadas com o desenvolvimento de novos produtos

Princípios e práticas <i>Lean</i>	Nível de implementação				
	Nunca	Rara-mente	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
Procura-se a <i>standardização</i> das peças				*	
É efetuada uma avaliação global das melhores práticas e dos produtos concorrentes		*			
Efetua-se engenharia concorrente					
Procura-se a simplificação dos produtos e processos					*
O desenvolvimento é feito considerando a fabricação, teste, manutenção e montagem dos produtos					*
Os fornecedores são envolvidos no desenvolvimento				*	
Desenvolvem-se produtos com a possibilidade de reciclagem				*	
Os projetos são orientados para a gestão ambiental			*		
É efetuada a integração de aspectos funcionais entre projetos					*
É utilizada a metodologia P-FMEA (análise modal de falhas e seus efeitos)					*
Existe a participação de pessoas de outras áreas da empresa				*	
É dada ênfase à inovação					*

Quadro 6. Princípios e práticas na relação com os fornecedores

Princípios e práticas <i>Lean</i>	Nível de implementação				
	Nunca	Rara-mente	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
É efetuada a avaliação dos fornecedores					*
As entregas são <i>Just-in-time</i>					
É efetuada a avaliação do custo total no processo de seleção de fornecedores				*	
É efetuada a troca de informação e desenvolvimento de coprojetos					*
Os fornecedores apresentam-se geograficamente próximos				*	
É efetuada a formação e desenvolvimento dos fornecedores				*	

São efetuadas visitas de técnicos da empresa aos fornecedores			*		
São efetuadas visitas de técnicos dos fornecedores à empresa					*
Verifica-se a redução do número de fornecedores				*	
Desenvolve-se um relacionamento a longo prazo com os fornecedores					*

Quadro 7. Princípios e práticas *Lean* (relação com os clientes)

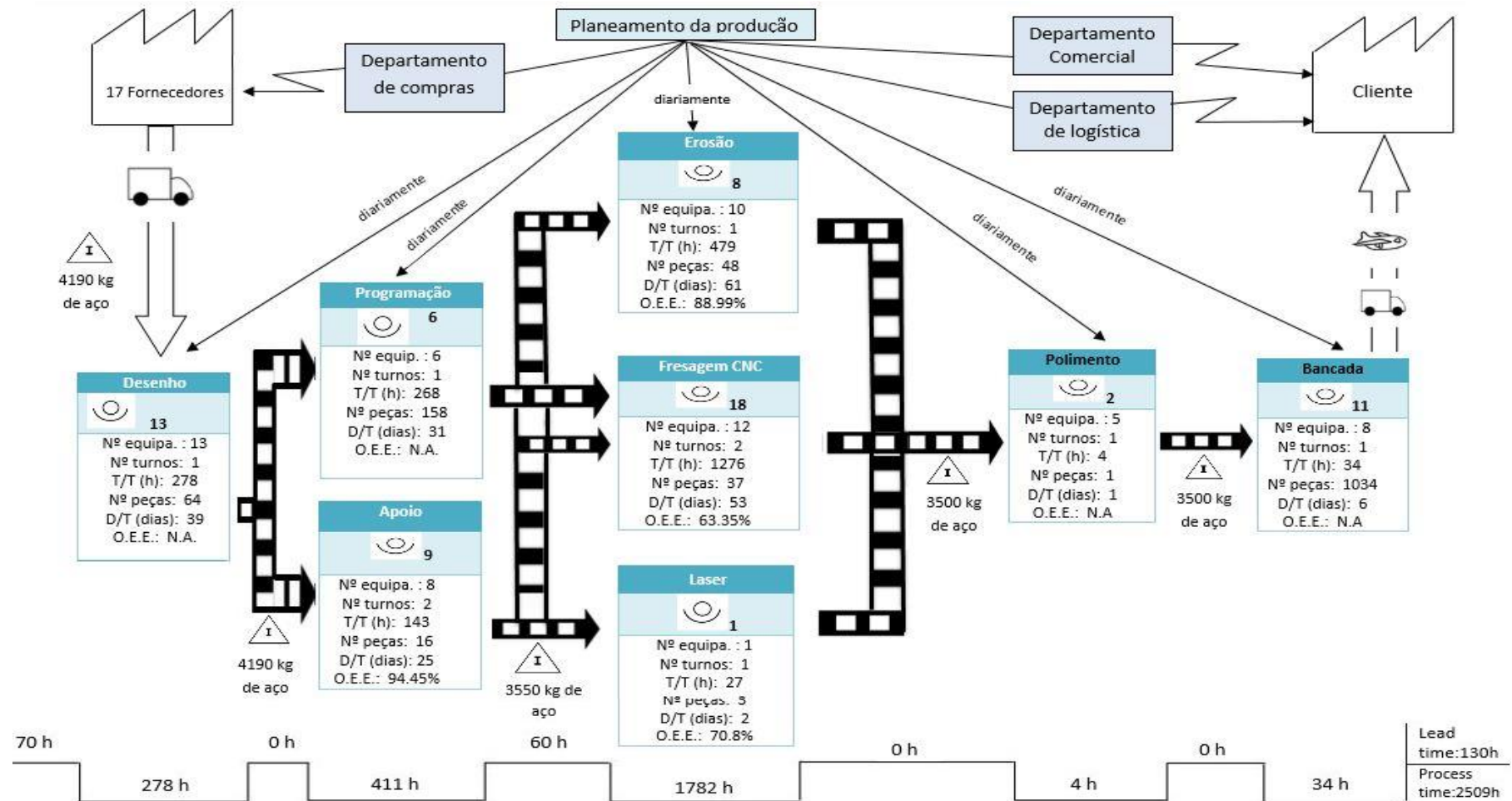
Princípios e práticas <i>Lean</i>	Nível de implementação				
	Nunca	Raramente	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
Verifica-se a melhoria no desempenho das entregas				*	
Verifica-se a estabilização da procura				*	
Desenvolvem-se atividades para aumentar o valor					*
São analisados os requisitos e expectativas do cliente					*
É efetuada a auscultação do cliente relativamente às suas necessidades e expectativas					*
Verifica-se customização do produto				*	

Quadro 8. Indicadores de desempenho

Princípios e práticas <i>Lean</i>	Nível de implementação				
	Nunca	Raramente	Algumas vezes	Muitas vezes	Sempre
Verifica-se a redução dos PPM's (produtos rejeitados/devolvidos por milhão)					
Verifica-se a redução do número de reclamações pelo cliente				*	
Verifica-se o aumento do FTQ (<i>first time quality</i>)					
Verifica-se a redução dos custos de desperdício				*	
Verifica-se o aumento do número de peças por hora de trabalho			*		
Verifica-se a redução do tempo total de ciclo do produto				*	
Verifica-se a redução da taxa de perda de dias de trabalho				*	
Verifica-se o aumento da taxa de cumprimento dos <i>schedules</i>				*	
Verifica-se a redução dos custos de produção				*	
Verifica-se o aumento da eficiência global					*

Verifica-se o aumento da taxa de ocupação				*	
Verifica-se o aumento do número de sugestões por funcionário e por ano				*	
Verifica-se a redução dos custos de reparações				*	

VALUE STREAM MAPPING REFERENTE AO M1



ANEXO D

EXEMPLO DO OEE (FOLHA DE CÁLCULO DISPONÍVEL EM KITE (S.D.))

Fill in the highlighted areas with your production data for a single shift. In some cases, you may have to convert units to simplify the calculation. For example, 3600 PPH (Pieces per Hour) is 60 PPM (Pieces per Minute).

Production Data						
Shift Length	8	Hours =	480	Minutes		
Short Breaks	1	Breaks @	10	Minutes Each =	10	Minutes Total
Meal Break	1	Breaks @	60	Minutes Each =	60	Minutes Total
Down Time	52	Minutes				
Ideal Run Rate	0.009238	PPM (Pieces Per Minute)				
Total Pieces	2	Pieces				
Reject Pieces	0	Pieces				

Support Variable	Calculation	Result
Planned Production Time	Shift Length - Breaks	410 Minutes
Operating Time	Planned Production Time - Down Time	358 Minutes
Good Pieces	Total Pieces - Reject Pieces	2 Pieces

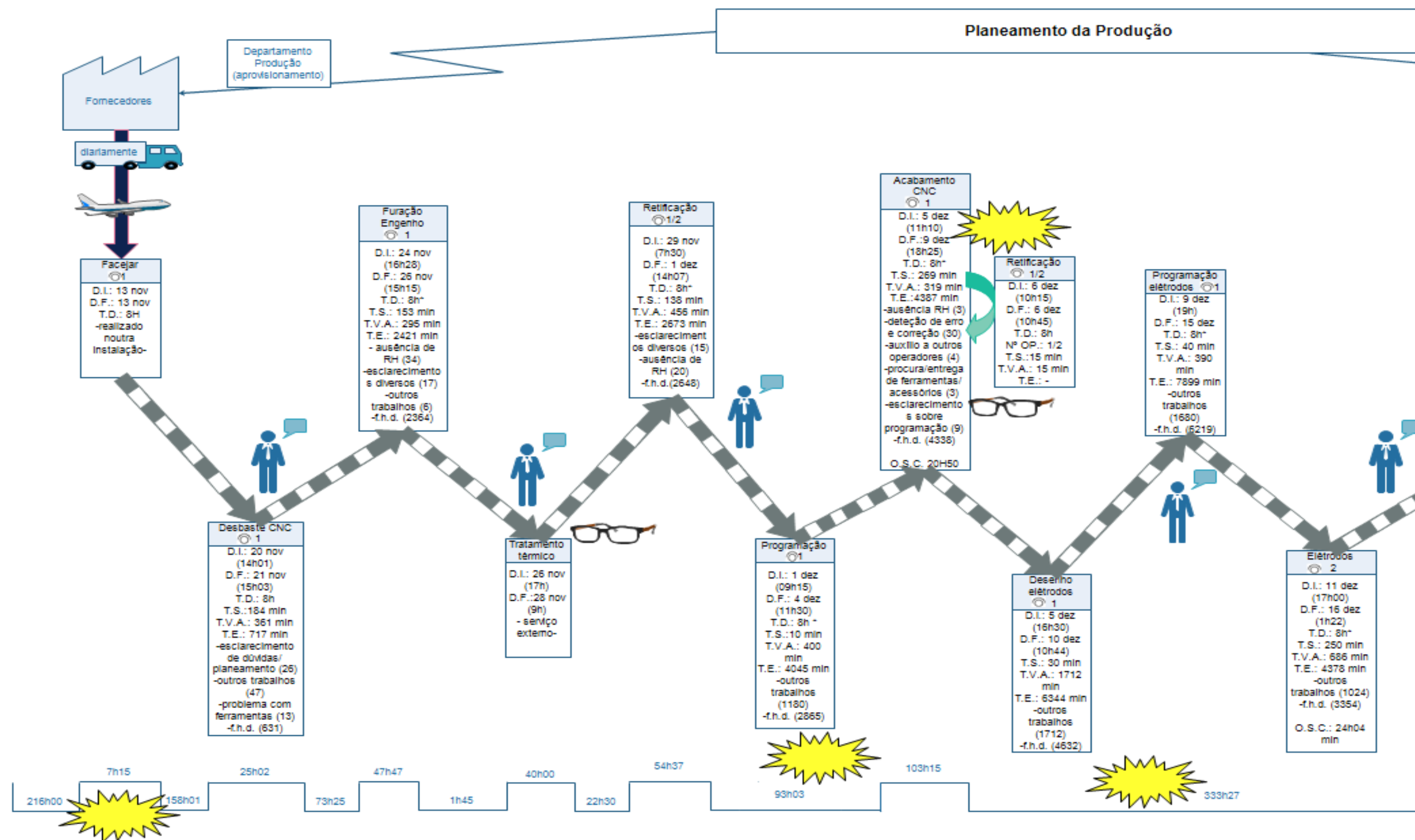
OEE Factor	Calculation	My OEE%
Availability	Operating Time / Planned Production Time	87.32%
Performance	(Total Pieces / Operation Time) / Ideal Run Rate	60.47%
Quality	Good Pieces / Total Pieces	100.00%
Overall OEE	Availability x Performance x Quality	52.80%

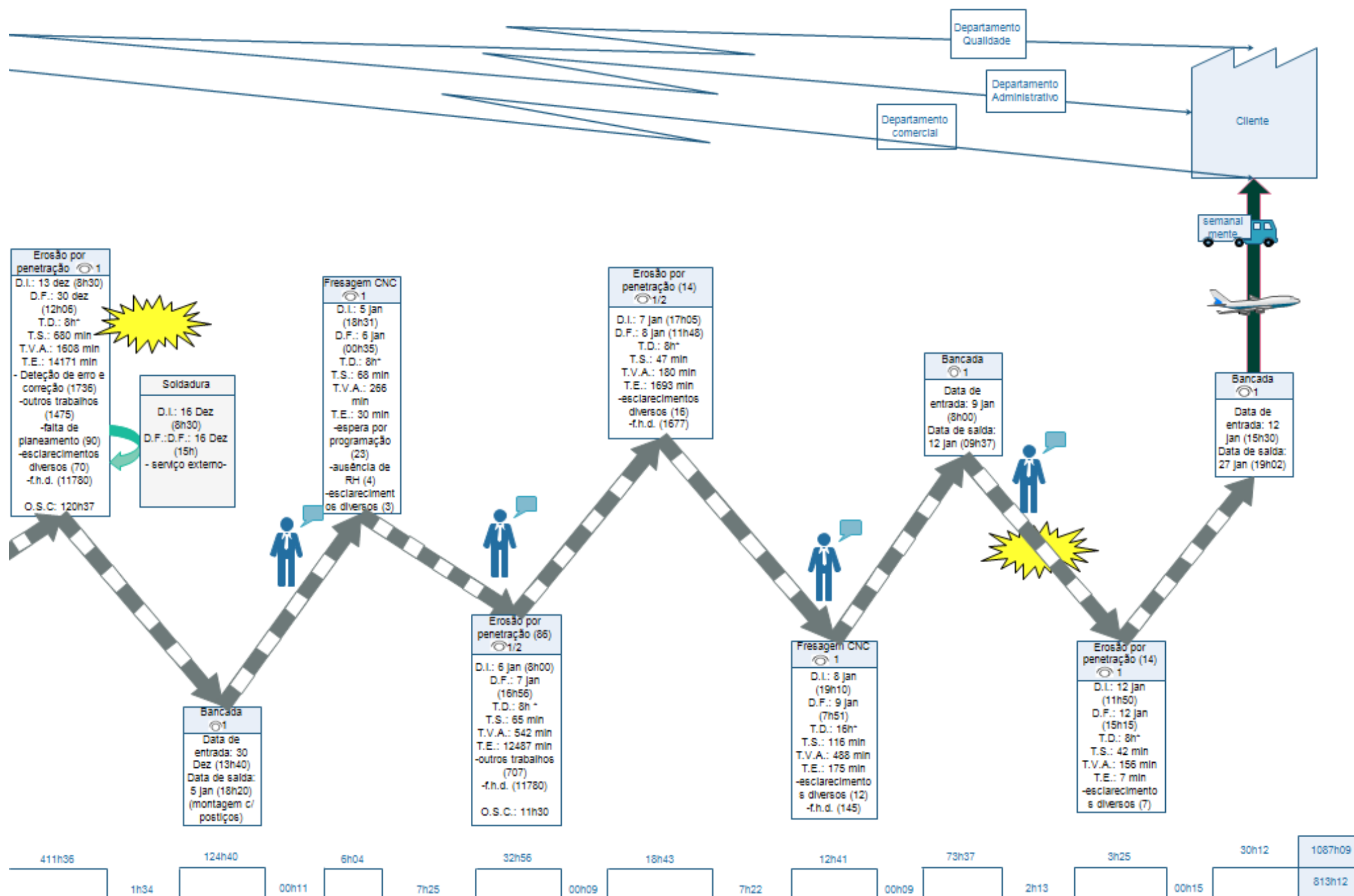
OEE Factor	World Class	My OEE%
Availability	90.00%	87.32%
Performance	95.00%	60.47%
Quality	99.90%	100.00%
Overall OEE	85.00%	52.80%

World Class Overall OEE for discrete manufacturing plants is generally considered to be 85% or better. Studies indicate that the average Overall OEE score for discrete manufacturing plants is approximately 60%.

ANEXO E

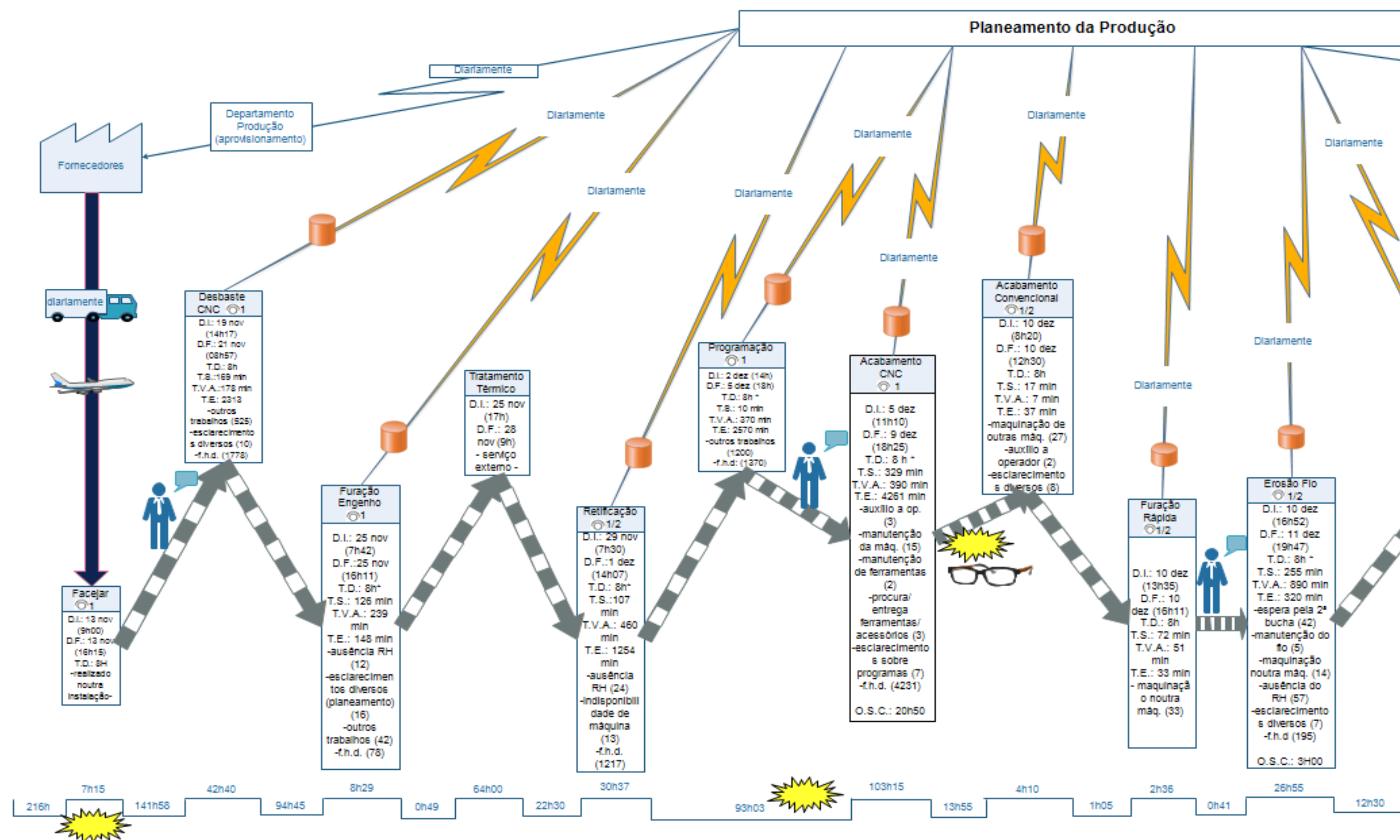
VALUE STREAM MAPPING DAS BUCHAS REFERENTE AO M2

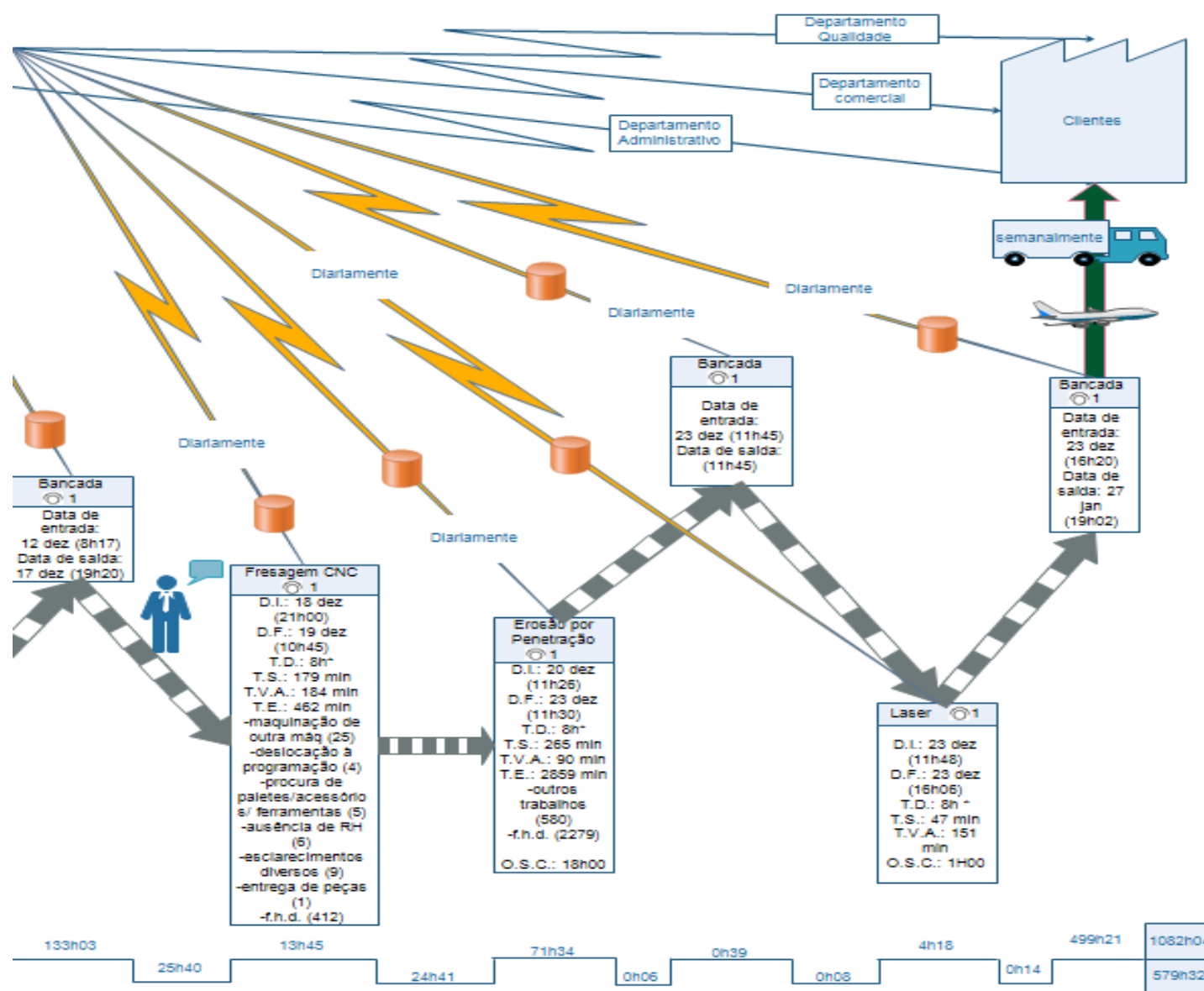




ANEXO F

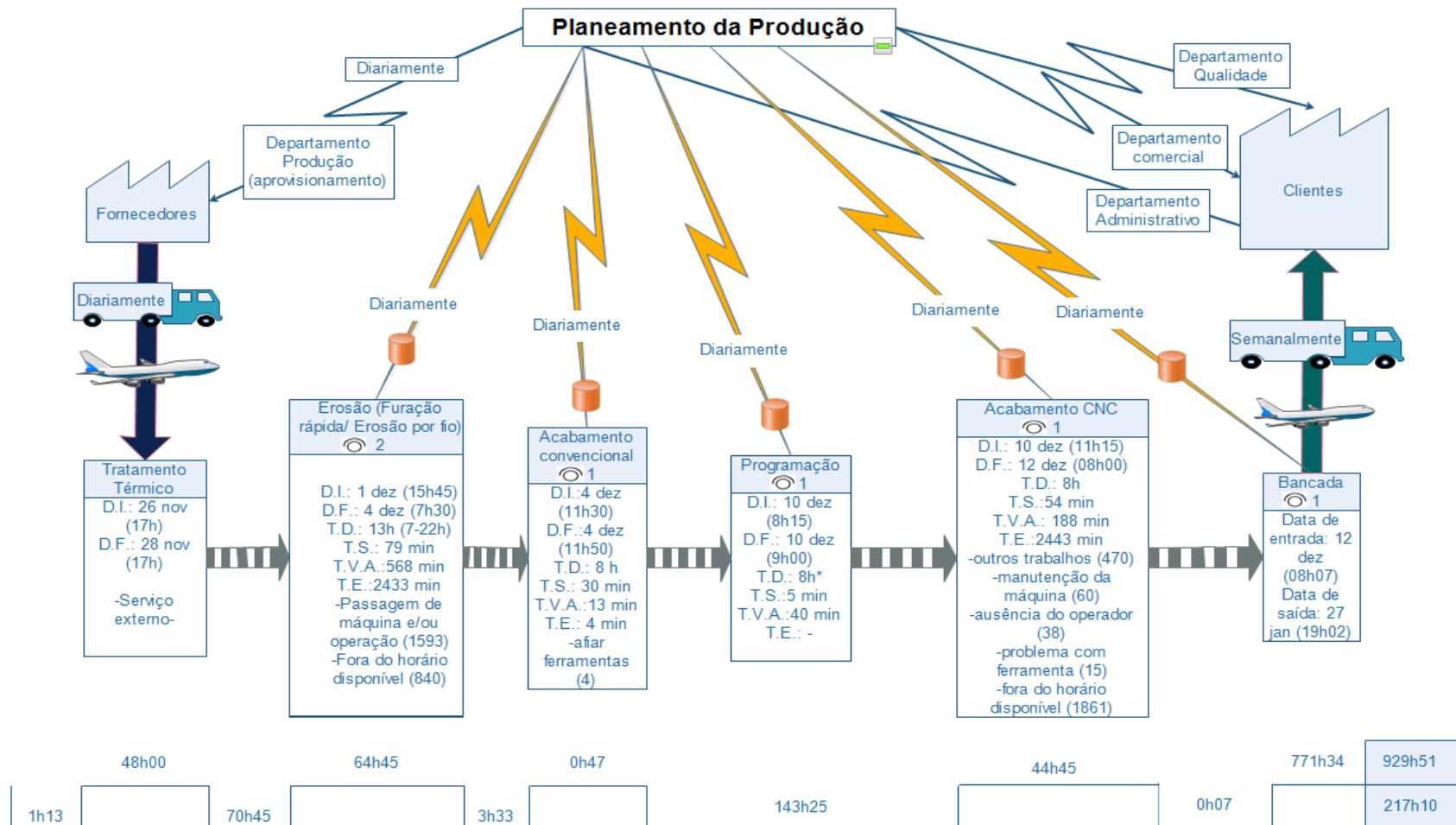
VALUE STREAM MAPPING DAS CAVIDADES REFERENTE AO M2





ANEXO G

VALUE STREAM MAPPING DOS POSTIÇOS DE CAVIDADES REFERENTE AO M2



ANEXO H

INSTRUÇÃO DE TRABALHO MODULHARD'ANDREA

Instrução de trabalho: Utilização adequada da ferramenta Modulhard'andrea | 00 – IT – 00
Revisão 00

1. **Objetivo:**

Conscienciar a correta utilização e manutenção da ferramenta.

2. **Observações:**

A presente instrução de trabalho tem como função dar a conhecer os procedimentos a ter aquando do uso da ferramenta *Modulhard'andrea*.

3. **Apresentação:**

A *Modulhard'andrea* (MHD) é um sistema de porta-ferramenta modular para achatamento, fresamento, furação e, também, rosqueamento. Alberga um sistema rígido de alta precisão, concebido e fabricado com o *design* e produção de equipamentos mais avançados.

É um sistema de extrema flexibilidade e simplicidade adequado para máquinas-ferramentas, centros de fabricação e sistemas flexíveis de fabricação. Permite uma maquinação com tolerâncias mais próximas, com um elevado grau de acabamento da superfície, com refrigeração interna em todos os componentes. Está disponível em 11 tamanhos, com permutabilidade completa de todos os componentes.



Figura 1: Ferramenta *Modulhard'andrea* (MHD)

4. **Localização:**

A *Modulhard'andrea* situa-se na secção da fresagem CNC, primeira gaveta do móvel à esquerda das prateleiras, como ilustrado na figura da página seguinte:



Figura 2- Localização da ferramenta

5. Utilização:

A fim de promover uma correta utilização da *Modulhard'andrea*, o utilizador dirige-se ao local de armazenamento da respetiva ferramenta e retira o pretendido, que está devidamente identificado. De ressaltar que é estritamente necessário que o utilizador proceda ao preenchimento da informação relativa à máquina para onde vai ser levada a ferramenta, com o objetivo de ter sempre conhecimento do percurso da ferramenta. Informação essa a ser discriminada no papel superior da tampa da caixa, como se constata na figura abaixo.



Figura 3- Resultado da gaveta após implementação dos 5S

6. Posicionamento:

A ferramenta permite um ajuste radial de 4 mm. Um posicionamento positivo micrométrico da ferramenta é possível girando o mostrador para a esquerda. Ao alterar o sentido de rotação de marcação não se esqueça de compensar a folga.

6.1 Advertência:

Antes de realizar um ajuste fino:

1. Solte a trava de parafuso para o slide.
2. Ajuste o diâmetro.
3. Aperte a trava de parafuso novamente. Use a chave de fenda hexagonal fornecida com a ferramenta. No entanto, sem excesso de aperto.



Figura 4 – Ilustração dos passos a seguir para o ajustamento da ferramenta

7. Manutenção:

- Limpar e lubrificar em expansão, com um lubrificante antigripante.
- Manter limpa e lubrificada a zona de deslizamento da guia.
- Lubrificar semanalmente o bocal com óleo ISO UNI G220.

7.1 Advertência:

A ferramenta e porta-ferramenta devem ser fixadas firmemente. A máquina-ferramenta deve estar equipada com todos os dispositivos de segurança ativa e passiva que garantam uma utilização segura.

8. Inserções:

Aconselhamo-lo a usar as inserções propostas pela D'Andrea (figura 5). A utilização de tamanhos diferentes pode comprometer os bons resultados de maquinagem.

9. Gama de trabalho:



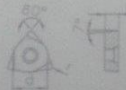
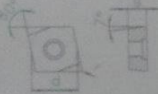
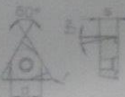
INSERTS		REF.	d	s	r			DP 300	DC 100	DC 100T	DC 010	DK 100	D20 MDC	D20 CBN	D25 CBN
WCGT		WCGT 020102L	3.97	1.59	0.2	TS 21	TORX T06	*	*			*			
	WCGT 020104L	0.4			*			*			*				
CCGT		CCGT 060200L-10	6.35	2.38	0	TS 25	TORXT08	*	*	*		*			
		CCGT 060202L			0.2			*	*	*		*			
		CCGT 060204L			0.4			*	*	*		*			
		CCGT 09T302L	9.53	3.97	0.2	TS 4	TORX T15	*	*	*		*			
		CCGT 09T304L			0.4			*	*	*		*			
TPGX		TPGX 090200L-10	5.56	2.38	0	CS 250 T	TORX T08	*	*	*	*	*			
		TPGX 090202			0.2								*	*	*
		TPGX 090202L			0.4			*	*	*	*	*			
		TPGX 090204			0.4								*	*	*
		TPGX 090204L	6.35	3.18	0	CS 300890T	TORX T08	*	*	*	*	*			
		TPGX 110300L-10			0.2			*	*	*	*	*			
		TPGX 110302			0.4								*	*	*
		TPGX 110302L			0.2			*	*	*	*	*			
		TPGX 110304			0.4								*	*	*
		TPGX 110304L			0.4			*	*	*	*	*			
ST= STEEL ST= ACIER ST= STAHL ST= ACERO ST= ACCIAIO GG= CAST IRON GG= FONTE GG= GRAUGUSS GG= FUNDICÓN GG= GHISA AL= ALUMINIUM AL= ALUMINIUM AL= ALUMINIUM AL= ALLUMINIO AL= ALLUMINIO								ST		GG/AA		AL	ST		

Figura 5 – Tabela informativa dos tamanhos a usar consoante as características propostas

A ferramenta permite furar diâmetros de 6 a 84 mm.

Para furos de 6-30 mm, usar ferramentas de ajuste B.. no assento e travar com parafuso. Não se esqueça que o forte da inserção deve estar no eixo longitudinal.

Para furos de 28-54 mm usar extensão P25.63 no assento e travar com parafuso.

Para furos 54-84 mm ajustar manga BM10 para o banco. Antes de apertar o parafuso certificar de que esta última envolve a cavidade prevista na manga BM 10, que não deve sobressair a partir da ferramenta. Encaixar o suporte do SF.. e prender pelo parafuso adequado.

Na página seguinte, encontrará mais detalhadamente os valores aconselhados para cada ferramenta, através da figura 6.

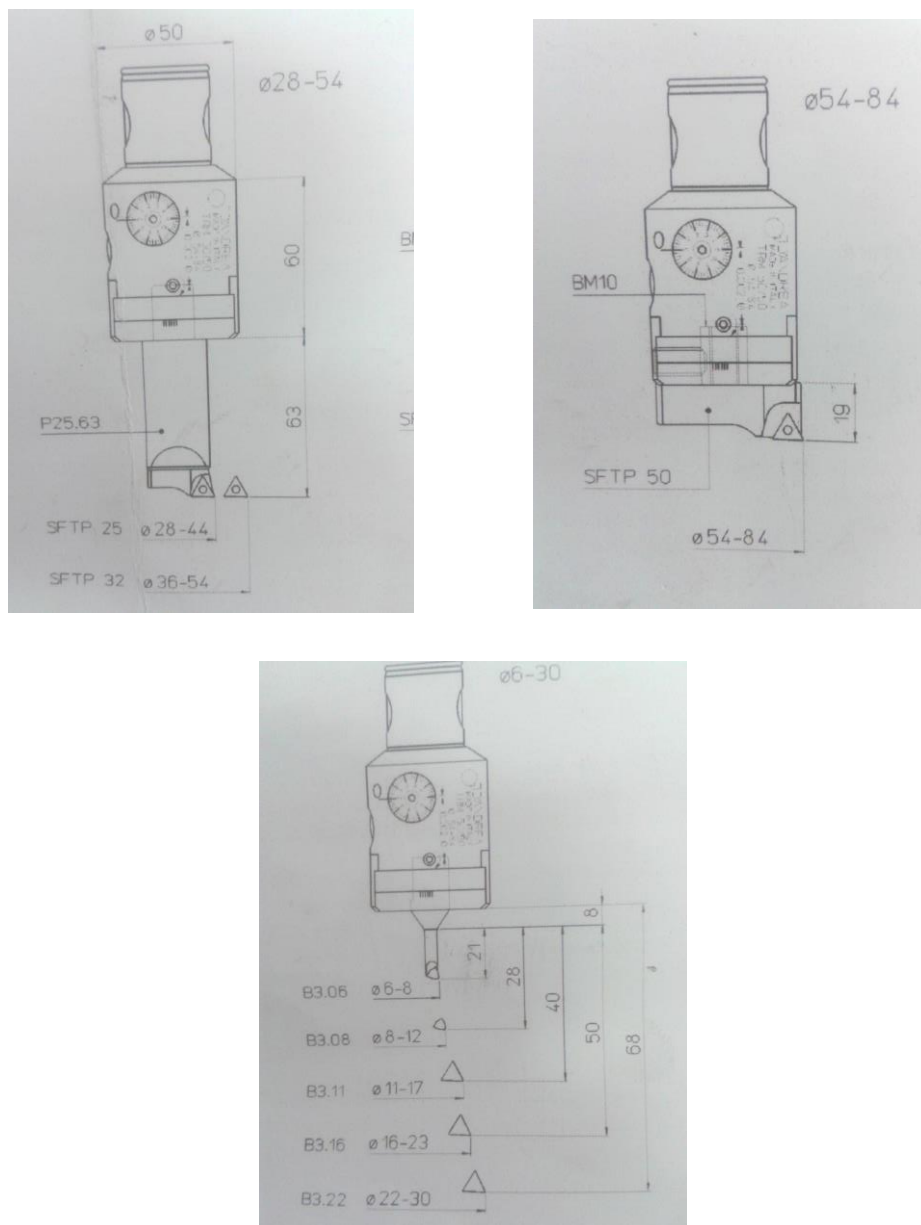


Figura 6 – Ilustração das ferramentas e respetivos diâmetros a utilizar

ANEXO I

IDENTIFICAÇÕES NO GEMBA

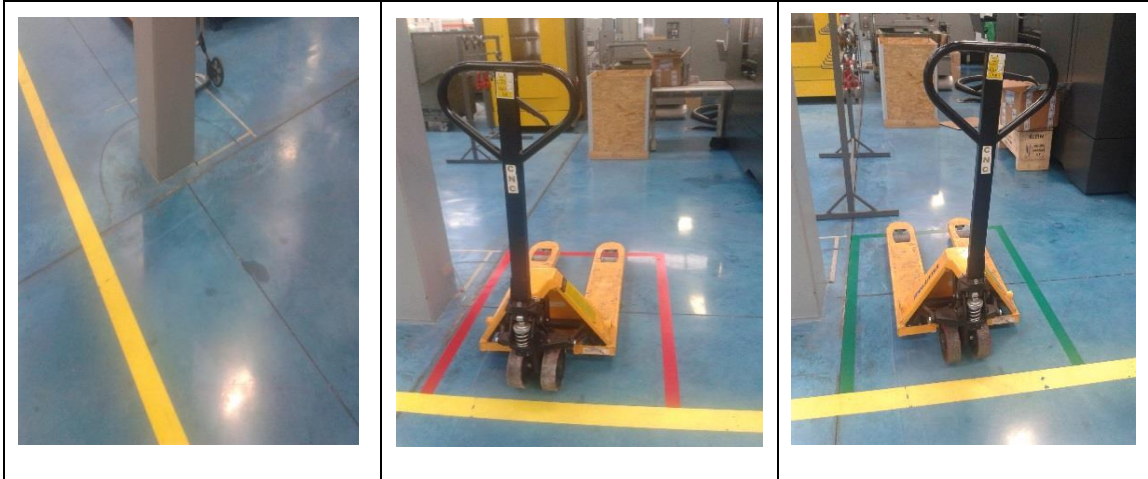
- Exemplo 1: carros de transporte (Logística)



- Exemplo 2: Porta paletes (fresagem)



- Exemplo 3: Porta paletes (fresagem)

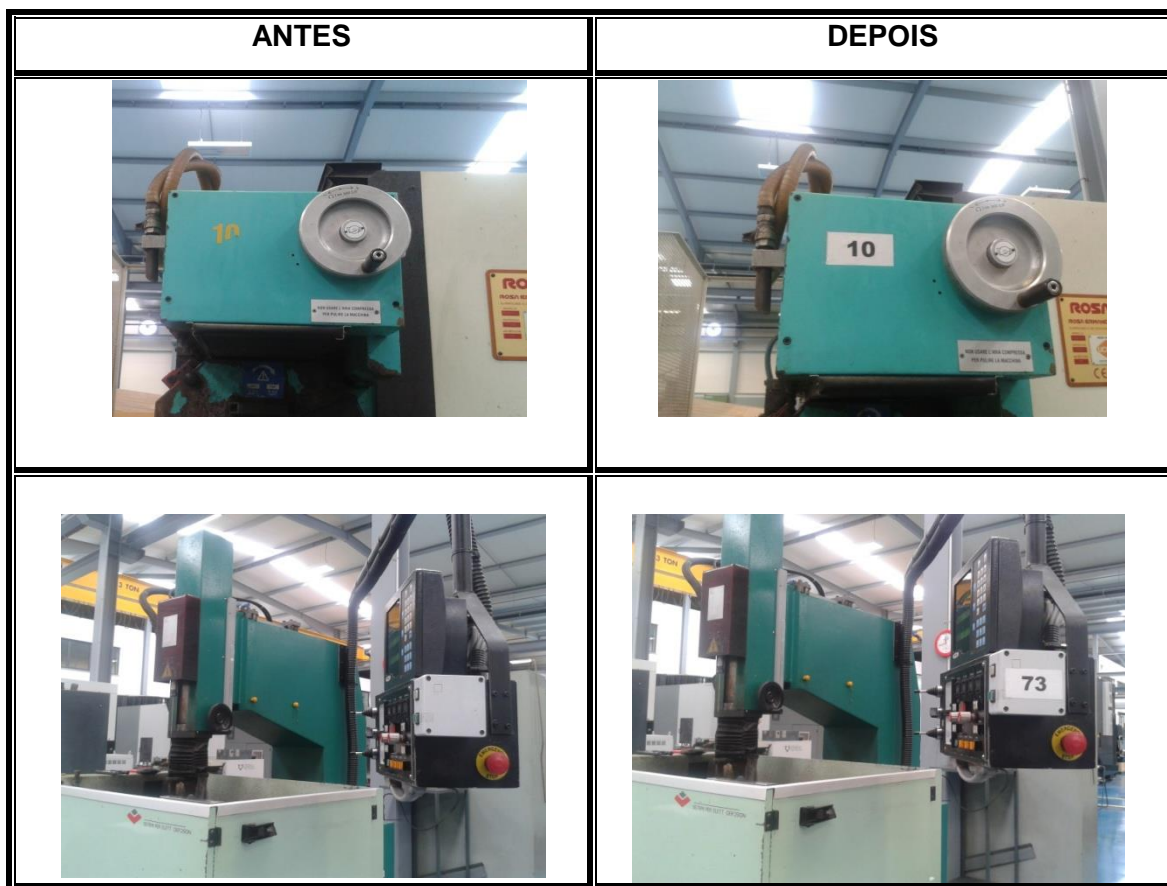


ANEXO J
EXEMPLOS DAS IDENTIFICAÇÕES REALIZADAS

ANTES	DEPOIS
	
	
	
	
	

ANEXO K

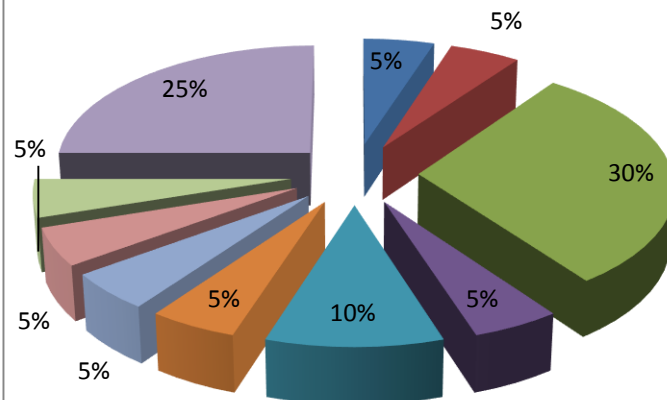
IDENTIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS EXISTENTES NA EROFIO



ANEXO L

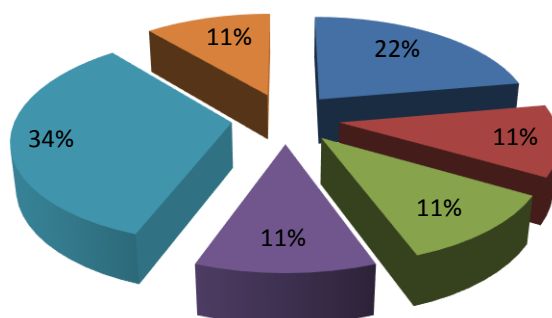
RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO 1

Causas de paragem referente ao Apoio



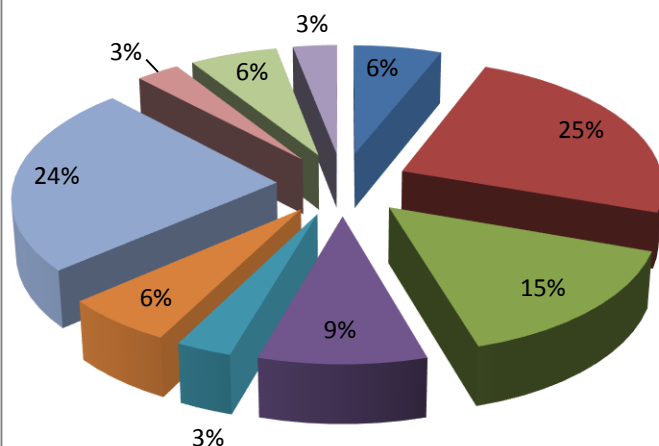
- Falta de limpeza e remoção das peças nas peças
- Falta de auto-controlo das peças nas operações anteriores
- Não devolução/arrumação de ferramenta da máquina após a devida utilização noutras máquinas
- Espera de dados da programação
- Falta de planeamento/organização (Falta de informação relativa ao trabalho não executado pelo operador anterior)
- Falta de máquinas de apoio
- Mudança das pedras da máquina de afiar
- Deslocação para entrega de peças
- Realização de trabalhos que já podiam estar feitos noutra máquina
- Nada a registar

Causas de paragem referente à erosão(%)



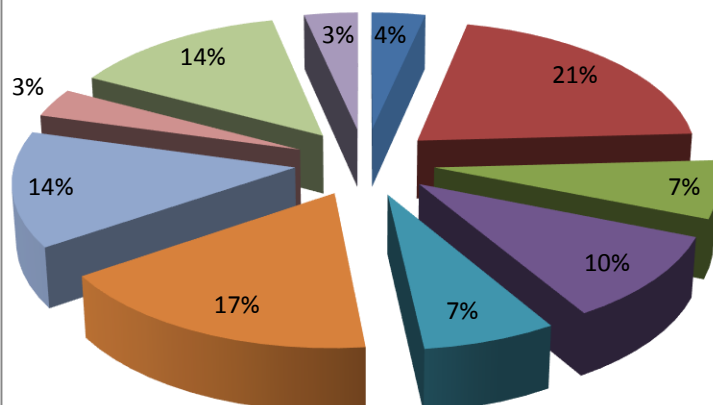
- Não conformidades nas peças que impliquem correcção nas mesmas
- Constante paragem de trabalho para dar prioridade a outros moldes
- Falta de planeamento/organização
- Elevado tempo de setup (preparação da peça e máquina)
- Falta de eléctrodos
- Falta de máquinas

Causas de paragem referente à fresagem (%)



- Espera da ponte
- Inexistência de acessórios/ferramentas na Eroflo *
- Não devolução/arrumação de ferramenta da máquina após a devida utilização noutras máquinas
- Espera de dados da programação
- Falta de mão de obra (no posto de trabalho)
- Constante paragem de trabalho para dar prioridade a outros molde
- Falta de planeamento/organização
- Excesso de zelo
- Falta de comunicação entre sectores
- Falta de formação dos operadores

Causas de paragem referente à bancada(%)



- Inexistência de acessórios na Eroflo
- Peças não conformes que impliquem o regresso dos moldes às máquinas
- Não devolução/arrumação de ferramenta da máquina após a devida utilização noutras máquinas
- Espera pelas peças
- Espera por acessórios/ferramentas desocupados
- Falta de planeamento/organização
- Falta de auto-controlo das peças nas operações anteriores
- Incoerência com o projeto
- Falta de formação de operadores
- Falta de comunicação entre operários

ANEXO M

QUESTIONÁRIO 2

Numa escala de 1 a 5, sendo que 1 é **não muito frequente**, 2 é **não frequente**, 3 é **não se aplica**, 4 é **frequente** e 5 **muito frequente**, classifique cada afirmação relativamente às causas de paragens na fresagem:

	1	2	3	4	5
Espera da ponte					
Inexistência de acessórios/ferramentas* na Eroflo					
Não devolução/arrumação de ferramenta após utilização noutras máquinas					
Falta de acessórios no posto de trabalho e procura do mesmo					
Espera de dados da programação					
Falta de mão de obra (no posto de trabalho)					
Constante paragem de trabalho para dar prioridade a outros moldes					
Falta de planeamento/organização					
Excesso de zelo					
Falta de comunicação entre setores					
Falta de formação dos operadores					

*Quais? _____

Numa escala de 1 a 5, sendo que 1 é **não muito frequente**, 2 é **não frequente**, 3 é **não se aplica**, 4 é **frequente** e 5 **muito frequente**, classifique cada afirmação relativamente às causas de paragens na bancada:

	1	2	3	4	5
Peças não conformes que impliquem o regresso dos moldes às máquinas					
Inexistência de acessórios/ferramentas* na Eroflo					
Não devolução/arrumação de ferramenta após a utilização noutras máquinas					
Espera por acessórios desocupados					
Falta de autocontrolo das peças nas operações anteriores					
Incoerência com o projeto					
Falta de planeamento/organização					
Espera pelas peças					
Falta de comunicação entre operários					
Falta de formação dos operadores					

*Quais? _____

Numa escala de 1 a 5, sendo que 1 é **não muito frequente**, 2 é **não frequente**, 3 é **não se aplica**, 4 é **frequente** e 5 **muito frequente**, classifique cada afirmação relativamente às causas de paragens no apoio:

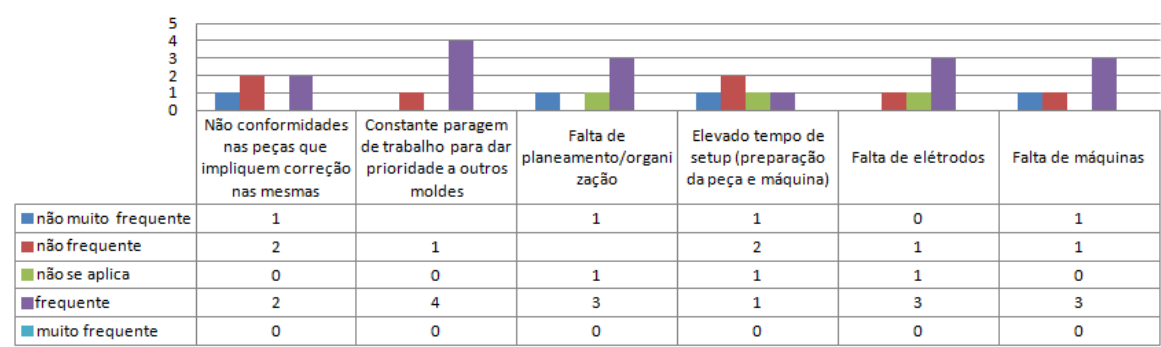
	1	2	3	4	5
Falta de limpeza e remoção das rebarbas nas peças					
Falta de autocontrolo das peças nas operações anteriores					
Não devolução/arrumação de ferramenta após a utilização noutras máquinas					
Espera de dados da programação					
Falta de planeamento/organização (ex: falta de informação relativa ao trabalho executado, ou não, pelo operador anterior)					
Falta de máquinas de apoio					
Mudança das pedras (mós) da máquina de afiar					
Deslocação para entrega de peças					
Realização de trabalhos que já podiam estar feitos noutra máquina					

Numa escala de 1 a 5, sendo que 1 é **não muito frequente**, 2 é **não frequente**, 3 é **não se aplica**, 4 é **frequente** e 5 **muito frequente**, classifique cada afirmação relativamente às causas de paragens na erosão:

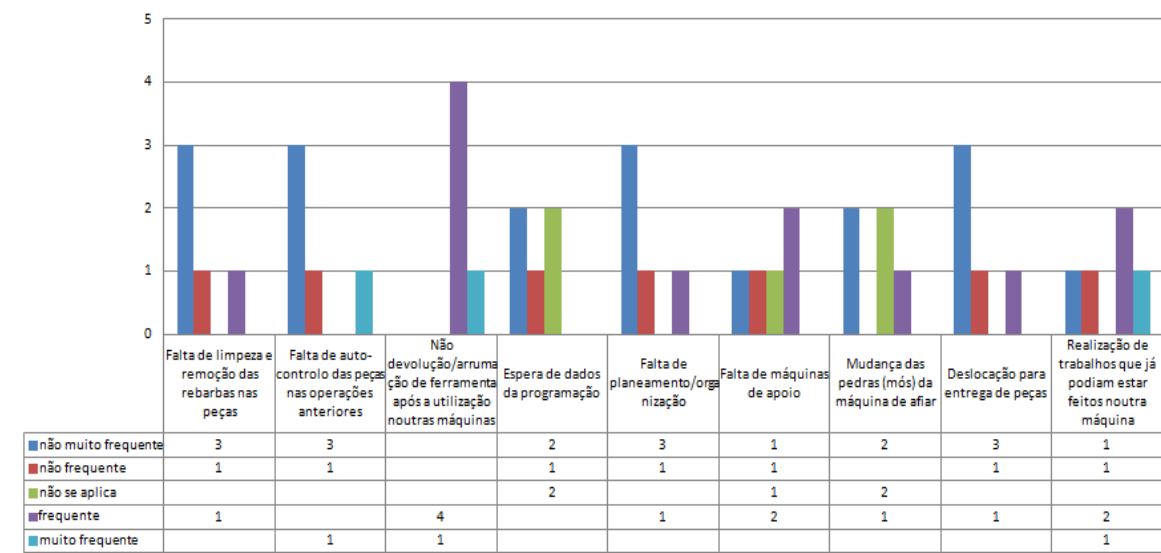
	1	2	3	4	5
Não conformidades nas peças que impliquem correção nas mesmas					
Constante paragem de trabalho para dar prioridade a outros moldes					
Falta de planeamento/organização					
Elevado tempo de <i>setup</i> (preparação da peça e máquina)					
Falta de eléctrodos					
Falta de máquinas					

ANEXO N
RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO 2

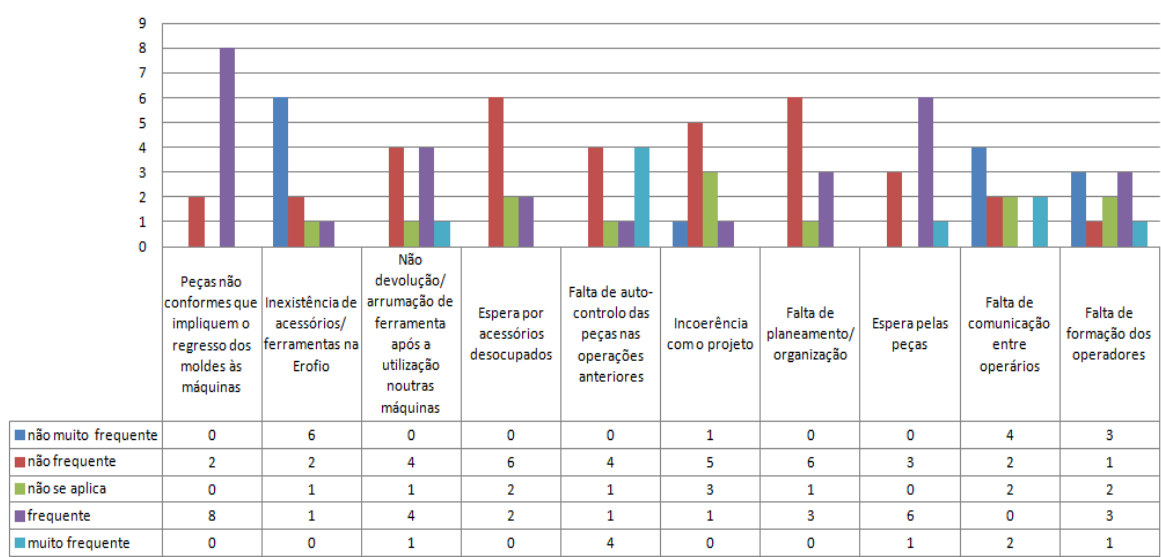
Frequência das causas de paragens - Erosão



Frequência das causas de paragens - Apoio

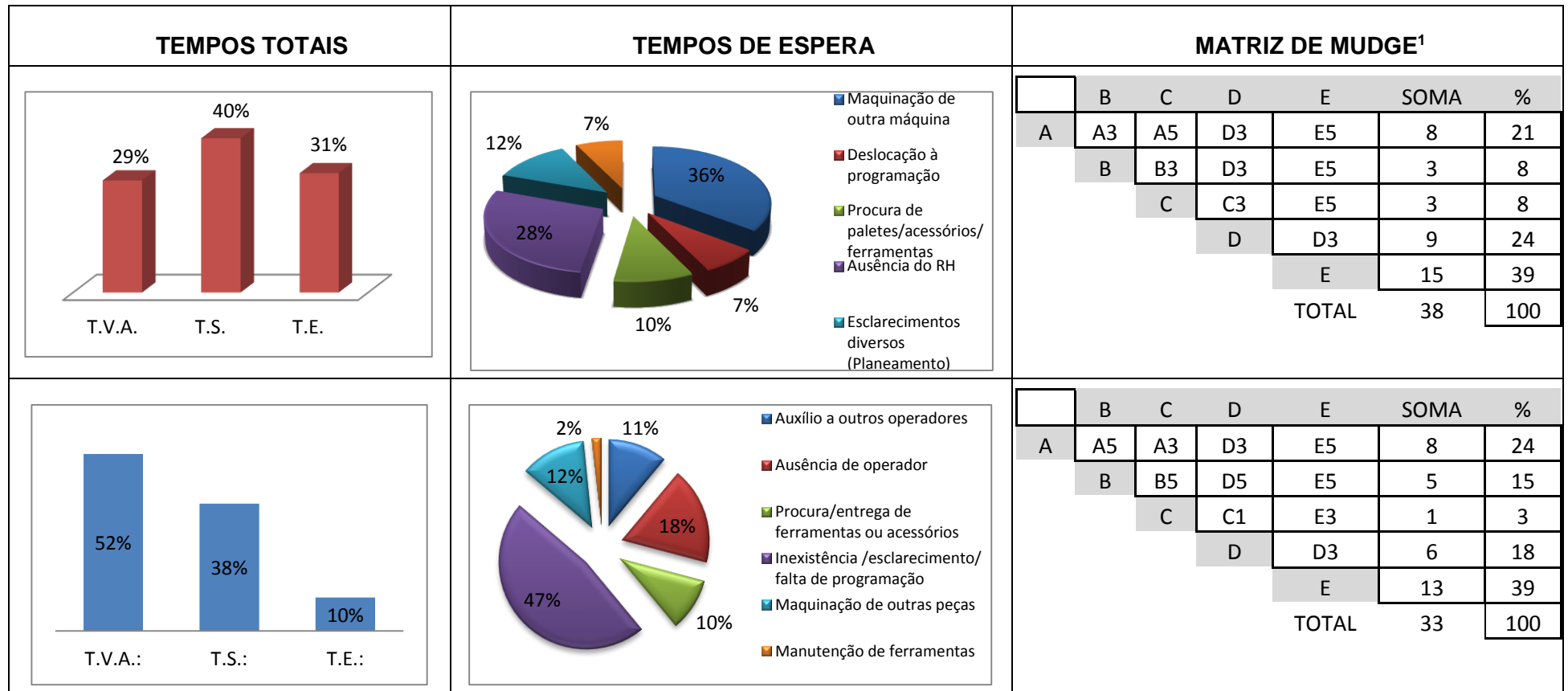


Frequência das causas de paragens - Bancada



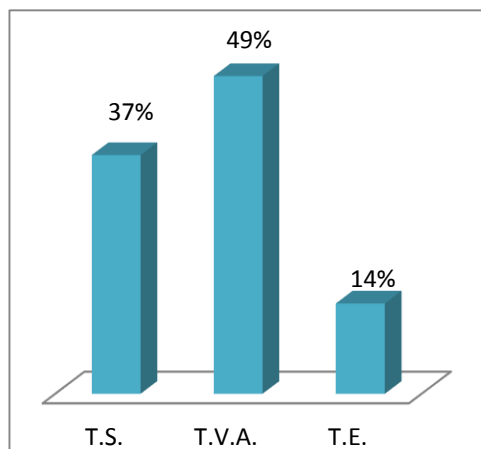
ANEXO O

ANÁLISE, POR MÁQUINA, DA SECÇÃO FRESAGEM

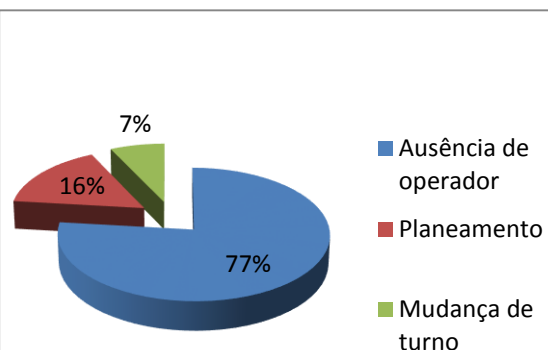


¹ Este método desenvolvido por Mudge sugere uma comparação, realizada pelo operador, de todas as possíveis combinações de pares de funções, visando determinar uma hierarquia entre as funções.

TEMPOS TOTAIS

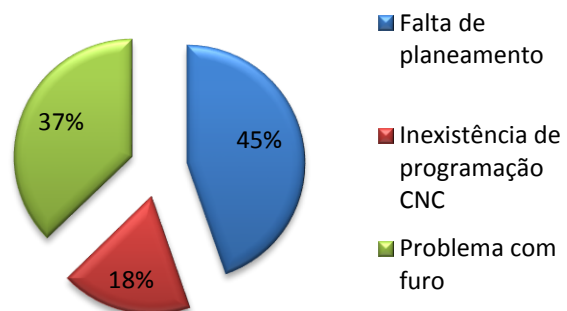
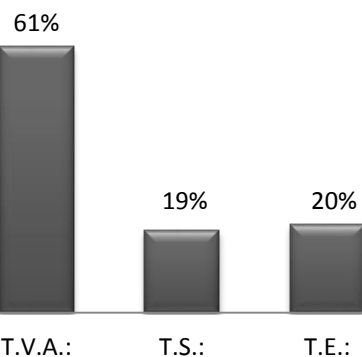


TEMPOS DE ESPERA



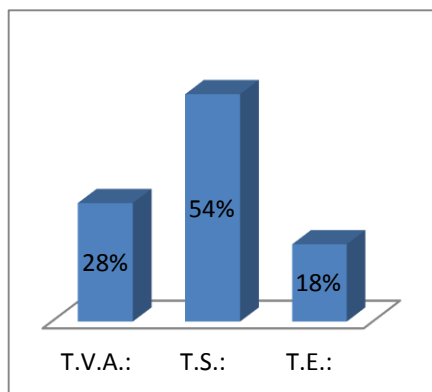
MATRIZ DE MUDGE

	B	C	D	E	SOMA	%
A	B3	A3	D3	E3	3	9
	B	B5	D3	E5	8	25
		C	C1	E3	1	3
			D	D3	9	28
				E	11	34
				TOTAL:	32	100

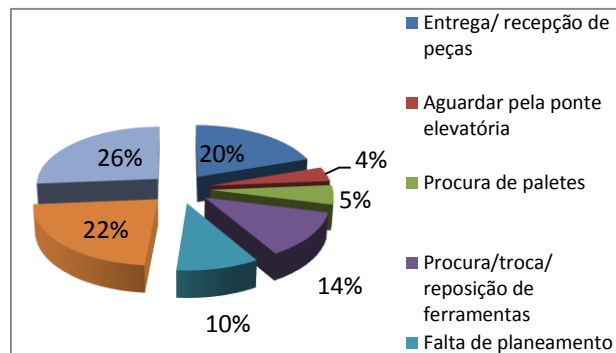


	B	C	D	E	SOMA	%
A	B3	A1	D5	A5	6	16.7
	B	B5	D5	E3	8	22.2
		C	C3	C3	6	16.7
			D	E3	10	27.8
				E	6	16.7
				TOTAL:	36	100

TEMPOS TOTAIS

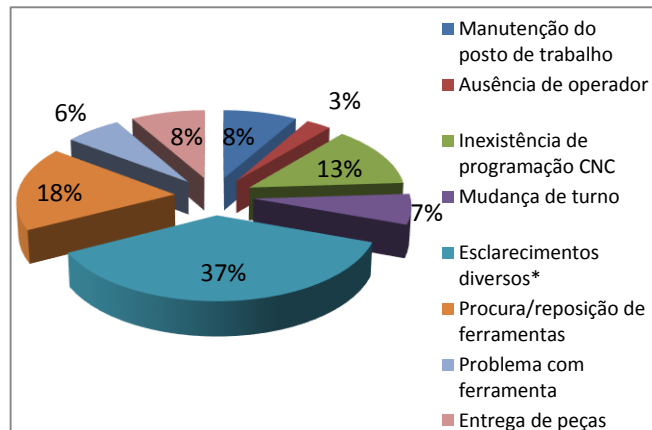
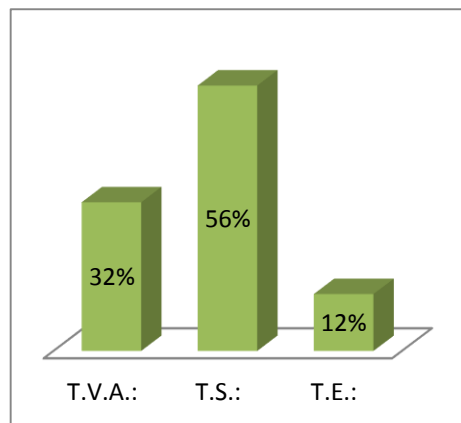


TEMPOS DE ESPERA

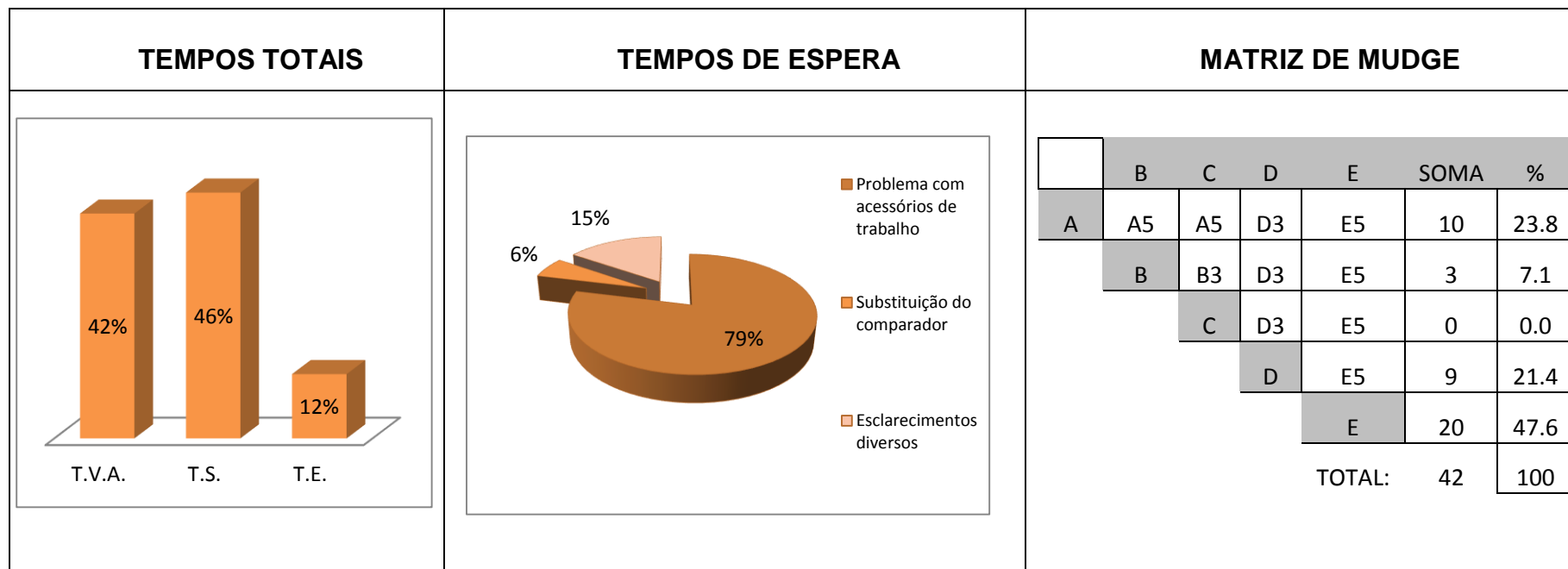


MATRIZ DE MUDGE

	B	C	D	E	SOMA	%
A	A3	C5	A3	E5	6	15
B		C5	B5	E1	5	12.5
C			C5	C5	20	50
D				D3	3	7.5
E					6	15
TOTAL:					40	100



	B	C	D	E	SOMA	%
A	B3	C1	D5	E3	0	0.0
B		B3	D5	E1	6	16.7
C			D5	E3	1	2.8
D				D5	20	55.6
E					9	25.0
TOTAL:					36	100

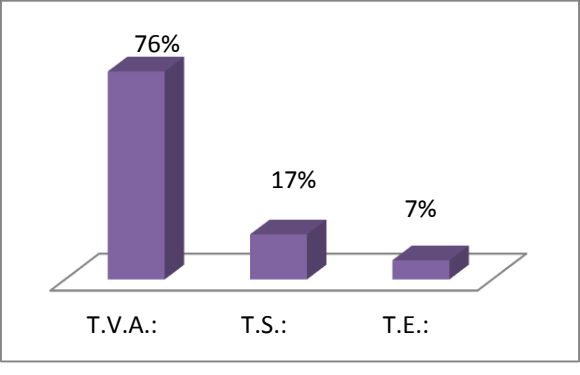
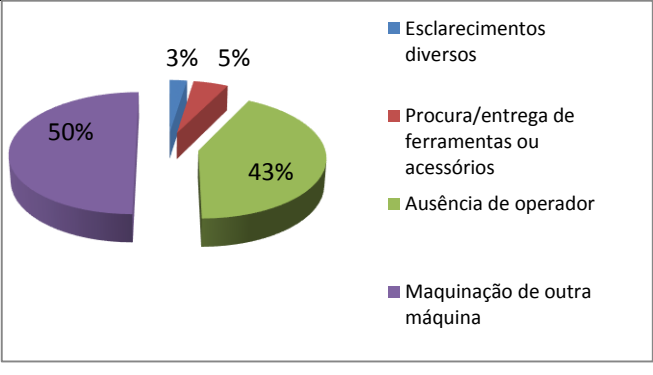
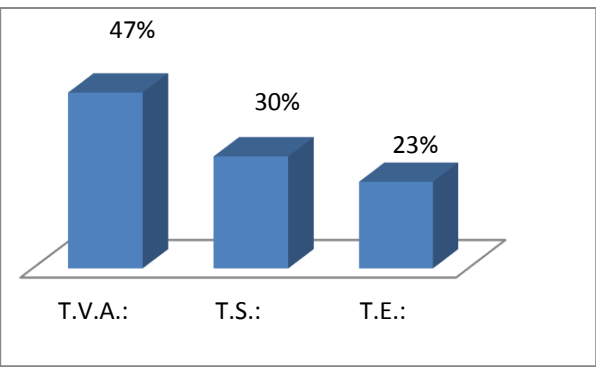
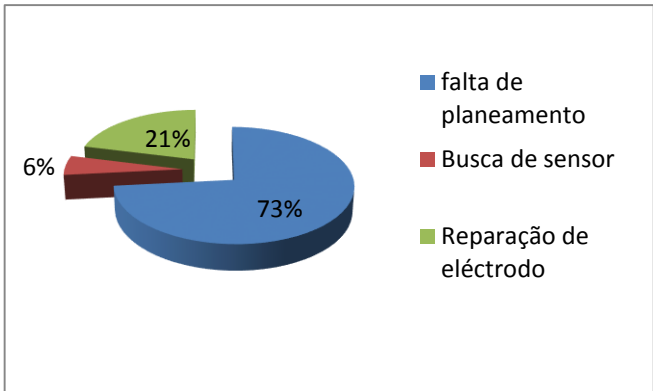


Legenda Matriz de Mudge:

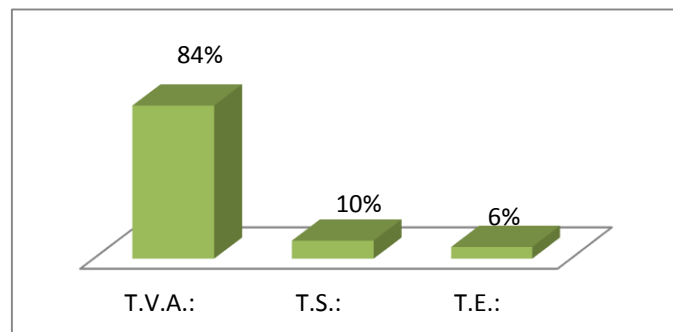
- A- Analisar o trabalho
- B- Planear o trabalho
- C- Prepara o trabalho
- D- Executar o trabalho
- E- Controlar o trabalho

ANEXO P

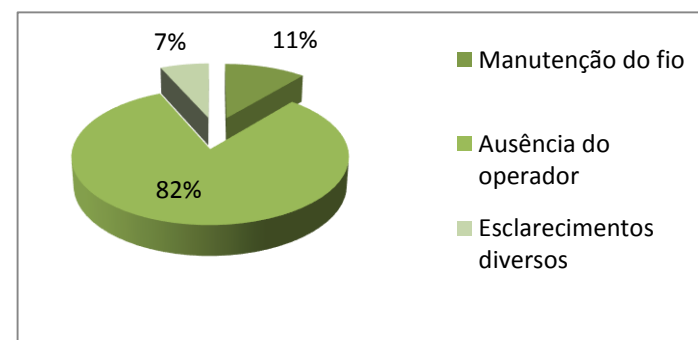
ANÁLISE, POR MÁQUINA, DA SECÇÃO EROSÃO

TEMPOS TOTAIS	TEMPOS DE ESPERA																		
 <p>A 3D bar chart showing the distribution of total times for three categories: T.V.A. (76%), T.S. (17%), and T.E. (7%). The bars are purple and set against a light gray grid.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T.V.A.:</td> <td>76%</td> </tr> <tr> <td>T.S.:</td> <td>17%</td> </tr> <tr> <td>T.E.:</td> <td>7%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria	Porcentagem	T.V.A.:	76%	T.S.:	17%	T.E.:	7%	 <p>A 3D pie chart showing the distribution of waiting times for four reasons. The legend indicates: Esclarecimentos diversos (3%), Procura/entrega de ferramentas ou acessórios (5%), Ausência de operador (43%), and Maquinação de outra máquina (50%).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Razão</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Esclarecimentos diversos</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Procura/entrega de ferramentas ou acessórios</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>Ausência de operador</td> <td>43%</td> </tr> <tr> <td>Maquinação de outra máquina</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Razão	Porcentagem	Esclarecimentos diversos	3%	Procura/entrega de ferramentas ou acessórios	5%	Ausência de operador	43%	Maquinação de outra máquina	50%
Categoria	Porcentagem																		
T.V.A.:	76%																		
T.S.:	17%																		
T.E.:	7%																		
Razão	Porcentagem																		
Esclarecimentos diversos	3%																		
Procura/entrega de ferramentas ou acessórios	5%																		
Ausência de operador	43%																		
Maquinação de outra máquina	50%																		
 <p>A 3D bar chart showing the distribution of total times for three categories: T.V.A. (47%), T.S. (30%), and T.E. (23%). The bars are blue and set against a light gray grid.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoria</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T.V.A.:</td> <td>47%</td> </tr> <tr> <td>T.S.:</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>T.E.:</td> <td>23%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoria	Porcentagem	T.V.A.:	47%	T.S.:	30%	T.E.:	23%	 <p>A 3D pie chart showing the distribution of waiting times for three reasons. The legend indicates: falta de planeamento (73%), Busca de sensor (6%), and Reparação de eléctrodo (21%).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Razão</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>falta de planeamento</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>Busca de sensor</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Reparação de eléctrodo</td> <td>21%</td> </tr> </tbody> </table>	Razão	Porcentagem	falta de planeamento	73%	Busca de sensor	6%	Reparação de eléctrodo	21%		
Categoria	Porcentagem																		
T.V.A.:	47%																		
T.S.:	30%																		
T.E.:	23%																		
Razão	Porcentagem																		
falta de planeamento	73%																		
Busca de sensor	6%																		
Reparação de eléctrodo	21%																		

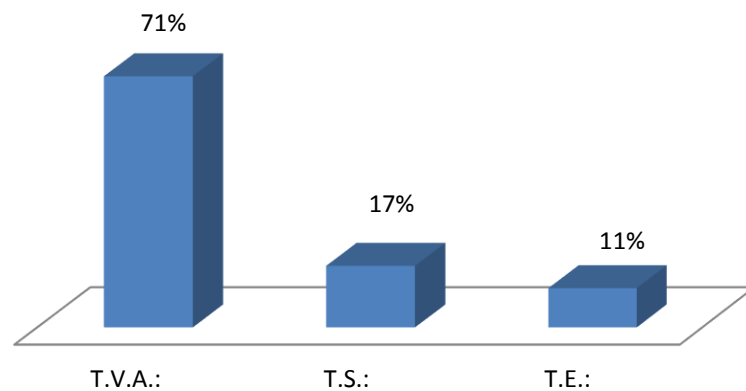
TEMPOS TOTAIS



TEMPOS DE ESPERA



Tempos totais



Tempos de espera

